



TESIS BM185407

**ANALISIS PENGUKURAN BIAYA DAN *LEAD TIME*
PADA PROYEK PERAWATAN *PULP & PAPER MACHINE***

**AHMAD ARDIANSYAH
09211850096021**

Dosen Pembimbing
Nurhadi Siswanto, S.T., M.SIE., Ph.D

PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
SEKOLAH INTERDISIPLIN MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2022

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Manajemen Teknologi (M.MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Ahmad Ardiansyah

NRP: 09211850096021

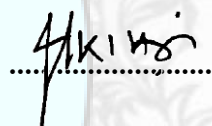
Tanggal Ujian: 11 Januari 2022

Periode Wisuda: Maret 2022

Disetujui oleh:

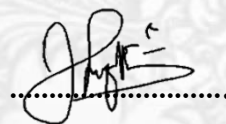
Pembimbing:

1. Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE Ph.D.
NIP. 197005231996011001

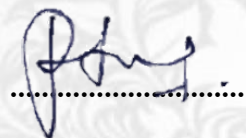

.....

Penguji:

1. Dr. Akhmad Saikhu, S.Si., M.T.
NIP. 197107182006041001



.....

2. Putu Dana Karningsih, ST., M.Eng.Sc. Ph. D.
NIP. 197405081999032001


.....

DEKAN SEKOLAH INTERDISIPLIN MANAJEMEN DAN TEKNOLOGI,




Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP
NIP: 196912311994121076

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISIS PENGUKURAN BIAYA DAN *LEAD TIME* PADA PROYEK PERAWATAN *PULP & PAPER MACHINE*

Nama Mahasiswa : Ahmad Ardiansyah
NRP : 09211850096021
Pembimbing : Nurhadi Siswanto, S.T., M.SIE., Ph.D

ABSTRAK

Induk perusahaan PT XYZ sebagai pembuat dan pemasok mesin-mesin kertas perlu menyediakan unit bisnis yang bertujuan untuk melayani purna jual para pelanggannya. Pelayanan yang diberikan kepada pelanggan adalah perawatan dan perbaikan komponen mesin mesin kertas, dengan tujuan untuk mempertahankan performa mesin-mesin produksi kertas. Pada penelitian yang dilakukan pada PT XYZ sebagai penyedia jasa perbaikan komponen mesin, produksi kertas telah memperlakukan permintaan perbaikan dari pelanggan sebagai suatu proyek. Pada implementasi pemantauan proyek telah ditemukan keterlambatan penyelesaian proyek dan kelebihan biaya dalam penyelesaian proyek, masalah ini ditemukan pada saat akan melakukan analisa penutupan proyek. Manajer proyek tersebut tidak dapat menunjukkan posisi dan kondisi terakhir suatu proyek yang terkait dengan nilai anggaran dan waktu tambahan yang dibutuhkan jika terdapat penambahan pekerjaan atau telah terjadi permasalahan di tiap langkah proses perbaikannya.

Penelitian ini dilakukan untuk membantu para manajer proyek di PT.XYZ untuk melakukan pelaporan proyek dengan lebih mudah, lebih akurat, serta dapat menunjukkan progress aktual pada setiap proyek yang menjadi tanggung jawabnya. Penelitian ini menggunakan perpaduan metode *earned value* dan *earned schedule* pada proses pengolahan datanya, proses awal yang dilakukan untuk pengolahan datanya adalah membagi aktivitas sesuai dengan perencanaan, kemudian menghitung *planned value*, *earned value*, dan *actual cost* dan dilanjutkan dengan penghitungan waktu aktual serta proyeksi selesainya proyek menggunakan *earned schedule*.

Hasil penelitian ini dapat menunjukkan *earned value* dan *earned schedule* sebagai sinyal apakah proyek melewati rencana, *on track*, atau selesai sebelum target penyelesaian dan dapat mengambil keputusan untuk menanggulangi keterlambatan proyek. *Cost performance index* serta *schedule performance index* dapat menunjukkan karakteristik proyek dan akurasi estimasi waktu penyelesaian proyek dengan nilai sebesar 93,18%.

Kata Kunci: *Earned Value*, *Earned Schedule*, Pengukuran Biaya, Pengukuran Durasi, Prediksi *Lead Time*

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEAD TIME AND COST MEASUREMENT ANALYSIS FOR MAINTENANCE OF PULP AND PAPER MACHINE

Name : Ahmad Ardiansyah
Student Identity Number : 09211850096021
Supervisor : Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D

ABSTRACT

Parent company of PT XYZ as a producer and supplier of paper machines needs to provide a business unit that aims to serve after-sales customers. The services provided to customers are maintenance and repair of paper machine components, with the aim of maintaining the performance of paper production machines. In research conducted at PT XYZ as a service provider for machine component repair, paper production has treated repair requests from customers as a project. In the implementation of project monitoring, there have been found delays in project completion and cost overruns in project completion, these problems were found when analyzing project closures. Problems that arise at the project stage cannot be detected easily by the project manager so that the project manager cannot show the final position and condition of a project related to the budget value and additional time required if there are additional work or problems have occurred at each step of the repair process. .

This research was conducted to help project managers at PT. XYZ to make project reporting easier, more accurate, and can show actual progress on each project that is their responsibility. This study uses a combination of earned value and earned schedule methods in the data processing, the initial process for data processing is to divide activities according to the plan, then calculate the planned value, earned value, and actual cost and continue with calculating the actual time and projected completion of the project. using earned schedule.

The results of this study can show the earned value and earned schedule as a signal whether the project passes the plan, is on track, or is completed before the completion target. The cost performance index and schedule performance index can show the project characteristics and the accuracy of the estimated completion time of the project with a value of 93.18%.

Key words: Earned Value, Earned Schedule, Cost Measurement, Duration Measurement, Lead Time Prediction

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas rahmat dan petunjukNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua penulis yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis demi terselesaikannya tesis ini.
2. Kakak, adik, dan keluarga penulis atas dukungan untuk menyelesaikan tesis ini.
3. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan bimbingan selama pengerjaan Tesis.
4. Bapak-ibu dosen penguji atas masukan yang diberikan hingga tesis ini dapat menjadi lebih baik.
5. Rekan-rekan kelas Analitika Bisnis Jakarta angkatan Genap 2019 yang saling mendukung dalam aktivitas perkuliahan.
6. Rekan-rekan kerja penulis yang mendukung dalam pengumpulan data pada tesis ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan ilmiah yang tertuang dalam Tesis ini perlu penyempurnaan baik dari penyusunan serta materi. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun untuk penulisan ilmiah ini serta bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Penulis berharap semoga tulisan ilmiah yang tertuang dalam buku Tesis ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi peminat penelitian selanjutnya, pembaca, serta praktisi.

Jakarta, November 2022

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
kata pengantar	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	9
2.1 Konsep Pengelolaan Proyek Perawatan Mesin Rol Kertas	9
2.2 Keberhasilan Proyek	10
2.3 Definisi Manajer Proyek	11
2.4 Definisi <i>Lead Time</i>	11
2.5 <i>Work Breakdown Structure</i>	12
2.5.1 Pengembangan WBS	12
2.5.2 Kamus WBS	13
2.5.3 <i>Organizational Breakdown Structure</i>	13
2.6 <i>Program Evaluation Review Technique</i> (PERT)	14
2.6.1 Karakteristik PERT	14

2.6.2 Karakteristik Proyek	14
2.6.3 Kelebihan dan Kekurangan Metode PERT	15
2.7 <i>Earned Value Management</i>	15
2.8 <i>Key Parameter EVM</i>	16
2.8.1 <i>Planned Value</i>	18
2.8.2 <i>Actual Cost</i>	18
2.8.3 <i>Earned Value</i>	19
2.8.4 <i>Earned Schedule</i>	20
2.9 Pengukuran Performa	21
2.9.1 <i>Variances</i>	22
2.9.2 Indikator	23
2.10 Penelitian Terdahulu.....	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1 Mengumpulkan Data	40
3.2 Mengolah Data	40
2.10.1 <i>Work Breakdown Structure</i>	40
2.10.2 Penghitungan Parameter Menggunakan <i>Earned Value Method</i>	41
2.10.3 <i>Earned Schedule</i>	41
2.10.4 Peramalan Tanggal Penyelesaian	41
3.3 Analisis dan Pembahasan	41
3.4 Kesimpulan dan Saran	42
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	43
4.1 Pengumpulan Data.....	43
4.2 Pengolahan Data.....	44
4.2.1 <i>Work Breakdown Structure</i>	44
4.2.2 Rencana Pekerjaan Perawatan dan Pengujian Sampel Proyek.....	45

4.2.3 Penghitungan <i>Planned Value</i>	46
4.2.4 Penghitungan <i>Earned Value</i>	52
4.2.5 <i>Actual Cost</i>	57
4.2.6 <i>Grafik Earned Value</i>	62
4.2.7 <i>Project Performance Metrics</i> pada <i>Earned Value</i>	65
4.2.8 <i>Earned Schedule</i>	69
4.2.9 Peramalan Biaya Penyelesaian Proyek dan Durasi Penyelesaian.....	72
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL.....	75
5.1 Implikasi Manajerial Penggunaan Metode <i>Earned Value</i> dan <i>Earned Schedule</i> Pada Proyek <i>Roll Maintenance</i>	75
5.2 Analisis <i>Cost Performance Index</i>	76
5.3 Analisis <i>Schedule Performance Index</i>	78
5.4 <i>Forecast Lead Time</i>	80
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	81
6.1 Kesimpulan	81
6.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	83

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proses Bisnis Perawatan Komponen Mesin <i>Pulp and Paper</i>	2
Gambar 1. 2 Grafik Keterlambatan Pengiriman Proyek	3
Gambar 2.1 Fase Menangani Pesanan (Sumber: Dokumen Internal PT XYZ)	10
Gambar 2.2 <i>Earned Value Management: key parameter</i> , pengukuran performa, dan indikator <i>forecasting</i> (Vanhoucke, 2013)	16
Gambar 2.3 <i>Planned value</i> proyek 5 aktivitas dengan BAC €100.000 dan PD 5 minggu (Vanhoucke, 2013).....	18
Gambar 2.4 <i>Planned value</i> , <i>actual cost</i> , dan <i>earned value</i> pada week 3 (Vanhoucke, 2013)	19
Gambar 2.5 Interpolasi linear antara PV_t dan PV_{t+1} (Vanhoucke, 2013).....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 4.1 <i>Work Breakdown Structure</i> Proyek Perbaikan Rol.....	45
Gambar 4.24 Grafik <i>Earned Value</i> Proyek A Minggu ke-6	63
Gambar 4.25 Grafik <i>Earned Value</i> Proyek B Minggu ke-6.....	63
Gambar 4.26 Grafik <i>Earned Value</i> Proyek C Minggu ke-6.....	64
Gambar 4.27 Grafik <i>Earned Value</i> Proyek D Minggu ke-6	64
Gambar 4.28 Grafik <i>Earned Value</i> Proyek E Minggu ke-6.....	65
Gambar 5.1 <i>Cost Performance Index</i> Proyek A, B, C, D, dan E	76
Gambar 5. 2 <i>Schedule Performance Index</i> A, B, C, D, dan E	78

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan Kondisi Saat Ini dan Kondisi yang Diharapkan dari	3
Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terdahulu	26
Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Penulis	31
Tabel 4.1 Sampel Proyek Perawatan Rol Kertas PT XYZ	45
Tabel 4.2 Tabel Tampilan <i>Planned Value</i>	46
Tabel 4.3 <i>Planned Value</i> Proyek A	47
Tabel 4.4 <i>Planned Value</i> Proyek B	48
Tabel 4.5 <i>Planned Value</i> APU Proyek C	50
Tabel 4.6 <i>Planned Value</i> APU Proyek D	51
Tabel 4.7 <i>Planned Value</i> Proyek E	52
Tabel 4.8 Tampilan Tabel <i>Earned Value</i>	53
Tabel 4.9 <i>Earned Value</i> Proyek A	53
Tabel 4.10 <i>Earned Value</i> Proyek B	54
Tabel 4.11 <i>Earned Value</i> Proyek C	55
Tabel 4.12 <i>Earned Value</i> Proyek D	55
Tabel 4.13 <i>Earned Value</i> Proyek E	56
Tabel 4.14 Perbandingan <i>Cumulative Planned Value</i> dan <i>Cumulative Earned Value</i> Minggu Kesatu Hingga Minggu Keenam	56
Tabel 4.15 Tampilan Tabel <i>Actual Cost</i>	58
Tabel 4.16 <i>Actual Cost</i> Proyek A	58
Tabel 4.17 <i>Actual Cost</i> Proyek B	59
Tabel 4.18 <i>Actual Cost</i> Proyek C	59
Tabel 4.19 <i>Actual Cost</i> Proyek D	60
Tabel 4.20 <i>Actual Cost</i> Proyek E	61
Tabel 4.21 Perbandingan <i>Cumulative Planned Value</i> , <i>Earned Value</i> , <i>Actual Cost</i>	61
Tabel 4.22 <i>Cost Variance</i> Metode <i>Earned Value</i> Pada Proyek Perawatan Rol Kertas	66

Tabel 4.23 <i>Schedule Variance</i> Metode <i>Earned Value</i> Pada Proyek Perbaikan Rol Kertas.....	67
Tabel 4.24 <i>Cost Performance Index</i> Metode <i>Earned Value</i> Pada Proyek Perbaikan Rol Kertas.....	68
Tabel 4.25 <i>Schedule Performance Index</i> Metode <i>Earned Value</i> Pada Proyek Perbaikan Rol Kertas	68
Tabel 4.26 <i>Earned Schedule</i> Proyek Perawatan Mesin Kertas Rol.....	69
Tabel 4.27 <i>Time Variance</i> Metode <i>Earned Schedule</i> Pada Proyek Perbaikan Rol70	
Tabel 4.28 <i>Schedule Performance Index</i> Metode <i>Earned Schedule</i> Pada Proyek Perbaikan Rol	71
Tabel 4.29 <i>Forecast</i> Biaya Akhir Proyek Perbaikan Rol Kertas.....	72
Tabel 4.30 Peramalan Tanggal Penyelesaian Proyek.....	73

BAB 1

PENDAHULUAN

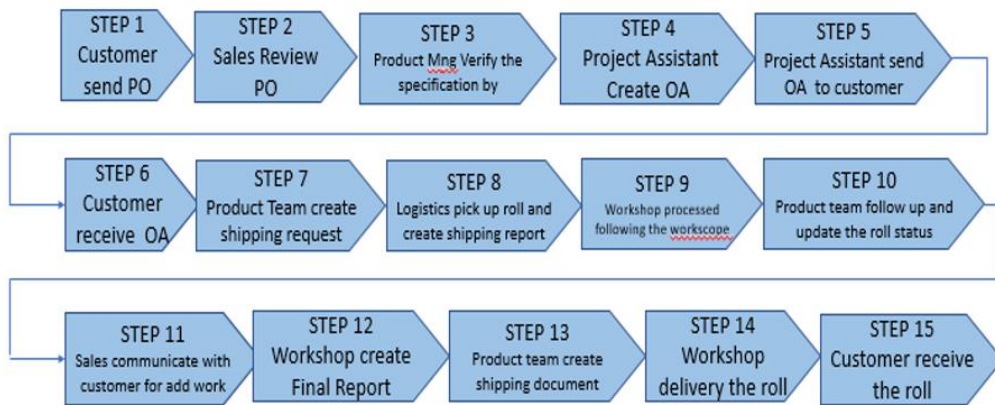
1.1 Latar Belakang

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang perawatan mesin mesin industri *pulp and paper*. Industri ini didominasi oleh negara-negara Amerika Utara, Eropa Utara dan Asia Timur. Dalam beberapa tahun ke depan, India dan China diharapkan menjadi negara kunci dalam pertumbuhan industri. Produksi kertas dan kertas karton dunia telah mencapai 390 juta ton dan diperkirakan akan mencapai 490 juta ton pada tahun 2020. Pertumbuhan berlangsung cepat di Asia dan menyumbang hampir 40% total produksi kertas dan karton dunia sedangkan Uni Eropa (UE) dan Amerika Utara menyumbang masing-masing sekitar 25%. (Bajpai, 2014).

Industri *pulp and paper* secara umum memiliki empat lini bisnis, di antaranya industri bisnis *paper, pulp and energy, automation, serta services*. Lini bisnis *paper* menyediakan lini produksi lengkap, *rebuild* mesin dan proses komponen untuk produksi *board, tissue, dan kertas*. Teknologinya didesain untuk *high process* dan efisiensi, kehandalan, dan keamanan lingkungan. Lini bisnis *pulp and energy* menyediakan solusi dan teknologi untuk produksi *pulp and energy*, seperti halnya konversi biomassa dan kontrol emisi. Teknologi ini memaksimalkan nilai dari bahan baku yang dapat diperbarui sekaligus meningkatkan efisiensi produksi. Otomasi didesain untuk memaksimalkan profit dan keberlangsungan bisnis pelanggan dengan memperbaiki performa produksi, efisiensi energi, dan efektivitas biaya. Lini bisnis *services* menyediakan pelayanan untuk meningkatkan *performance dan reliability* dari *equipment* produksi *paper*. (Anon., 2020)

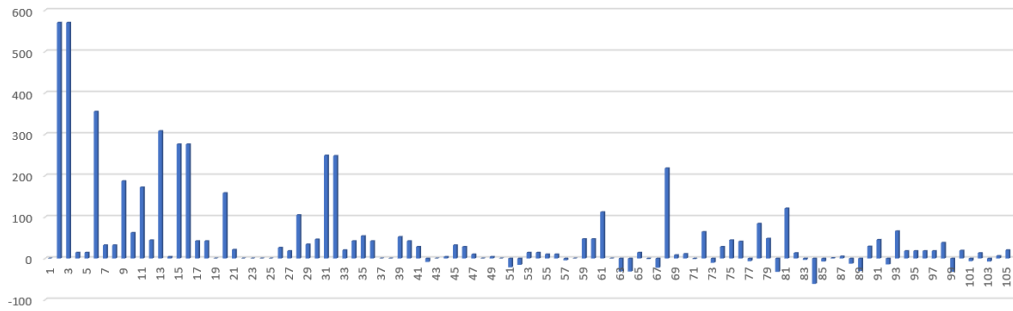
Lini bisnis *services* pada PT XYZ, yang menyediakan *services* dengan *konsep flexible dan fit-for-purpose*, salah satunya adalah melayani perawatan yang efisien serta sesuai dengan kebutuhan. Pada PT XYZ, order perawatan yang masuk diperlakukan sebagai proyek. Proyek tersebut berawal dari pelanggan yang memiliki mesin pembuat kertas membutuhkan perawatan dan perbaikan komponen mesinnya. Kebutuhan ini dituangkan dalam dokumen permintaan penawaran

beserta lingkup pekerjaan yang dilanjutkan dengan kesepakatan harga oleh *Sales*. Setelah dokumen PO dari pelanggan diterbitkan, rol atau komponen mesin yang akan diperbaiki dikirim ke *workshop*. Selama proses perbaikan rol atau komponen mesin di *workshop*, segala informasi status perkembangan tentang kondisi rol atau komponen mesin dilaporkan oleh manajer proyek hingga mesin selesai diperbaiki dan dikirim kembali ke pelanggan.



Gambar 1.1 Proses Bisnis Perawatan Komponen Mesin *Pulp and Paper*.
(Sumber: Data Internal PT XYZ)

Timeline aktivitas dibuat pada saat awal kick off meeting project dalam file excel dengan deskripsi sederhana. Pada saat pengerjaan, operator melakukan pencatatan *manhours* dan *machine hours* yang digunakan dalam aplikasi bernama Baan. Proses pemantauan dan informasi perkembangan dari masing-masing bagian dicatat dalam excel dan disampaikan pada *meeting* pagi harian. Apabila terjadi keterlambatan pada masing masing bagian unit, metode pencatatan ini tidak dapat mengkorelasikan antara perencanaan awal dan selisih waktu aktual terhadap perencanaan agar dapat segera dilakukan tindakan perbaikan sebelum terlalu dekat dengan waktu pengiriman. Hal ini menyebabkan beberapa proyek terlambat tanpa dapat dikendalikan. Gambar 1.2 menunjukkan selisih waktu aktual pengiriman terhadap waktu perencanaan pengiriman pada proyek perbaikan rol.



Gambar 1. 2 Grafik Keterlambatan Pengiriman Proyek
(Sumber: Data Internal PT XYZ)

Challenge suatu pelaporan proyek yang selektif umumnya menyembunyikan masalah dari para *decision makers* hingga terlalu lambat untuk menyelamatkan proyek. Metode *earned value management* memberikan para praktisi metode numerik dan jelas untuk mengukur performa proyek dan mengizinkan para *manager* untuk menanyakan pertanyaan kritis tentang *progress* aktual proyek. (Vanhoucke, 2013). Kondisi *ERP* yang telah dijalankan di Pulp and paper Services dan kondisi yang diharapkan dari hasil penelitian ini ditunjukkan dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Perbandingan Kondisi Saat Ini dan Kondisi yang Diharapkan dari *PT XYZ*

Manajemen proyek	Kondisi Saat Ini	Kondisi yang Diharapkan
<i>Work Breakdown Structure</i>	√	√
<i>Project Scheduling</i>	√	√
<i>Project Controlling</i> yang mengakomodasi <i>uncertainty project</i>		√

Sumber: Data PT XYZ

Earned value management dimulai dengan *time-phased costs* yang menyediakan *baseline* anggaran proyek, yang disebut *planned budgeted value* dari pekerjaan yang telah dijadwalkan, kemudian dilakukan perbandingan antara biaya dan jadwal yang telah direncanakan menggunakan *earned value*. Pendekatan *earned value* memberikan *missing links* yang tidak ditemukan pada sistem anggaran

biaya konvensional (Larson & Gray, 2011). Metodologi EVM menawarkan manajer proyek *tools* untuk mengalkulasi dengan cepat dan mudah pada level *control account* ataupun pada level yang tinggi dari work breakdown structure. *Earned Value Management System* digunakan sebagai sistem *early warning signal* untuk mendeteksi masalah dan peluang-peluang dengan cara yang mudah dan efisien. (Vanhoucke, 2013). *Earned schedule* merupakan metode pengembangan *earned value* yang menunjukkan kemungkinan untuk menggambarkan performa penjadwalan dalam satuan waktu. Konsep fundamental *earned schedule* adalah menentukan waktu di titik mana *earned value* seharusnya telah diakui. Signifikansi konsep earned schedule yaitu menjadi indikator penjadwalan yang reliable selama kurun waktu proyek berjalan. (Lipke, 2012). Proses komputasi pada earned schedule memiliki dua komponen yang direpresentasikan oleh huruf C dan I. C adalah angka periode waktu dari Project Measurement Baseline (PMB) yang ditunjukkan dengan $\text{Earned Value (EV)} \geq \text{Planned Value (PV)}$. I adalah periode C+1 dari PMB (Lipke, 2014). Peramalan durasi juga akan dihitung dengan menggunakan formula yang telah dikemukakan pada penelitian sebelumnya yaitu menggunakan Independent Estimate at Completion (IEAC) dengan menggunakan faktor Independent Estimate of Duration at Completion (IEDAC). IEDAC adalah hasil dari pembagian Planned Data (PD) dengan Schedule Performance Index (SPI) (Henderson, 2004).

Analisis pengukuran jadwal dan biaya proyek pada penelitian ini akan dijadikan masukan bagi manajer proyek sebagai *dashboard* yang memudahkan pelaporan dan dapat mengetahui proses yang terjadi pada proyek lebih dini dan peramalan waktu penyelesaian perawatan *pulp and paper machine*.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Pada tesis ini, rumusan masalah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana visualisasi *tool* pengukuran biaya dan waktu yang mempermudah manajer proyek dalam mengontrol proyek sekaligus mempermudah *higher management* dalam mengambil keputusan?

2. Bagaimana performa pengukuran proyek untuk memprediksi *lead time* penyelesaian proyek?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mengolah dan menganalisis proyek perbaikan *pulp & paper machine* yang dapat mempermudah manajer proyek mengontrol proyek serta mempermudah *higher management* mengambil keputusan.
2. Menganalisis pengukuran proyek perbaikan *pulp & paper machine* dalam memprediksi *lead time* penyelesaian proyek.

1.4 Batasan Masalah Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian berfokus pada proses proyek *perbaikan komponen pulp and paper* di PT XYZ.
2. Penelitian dilakukan dengan batasan *workscope* yang tipikal serta terdapat beberapa *upgrade workscope* di pertengahan proses *maintenance*.
3. Penelitian tidak bertujuan untuk mencari strategi untuk mempercepat proyek tetapi memaparkan kondisi yang ada dengan riil, transparan, mudah dibaca, serta mempermudah mencari *rootcause* yang pasti agar strategi percepatan proyek menjadi tepat sasaran.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dapat diberikan kepada pemangku kepentingan antara lain sebagai berikut.

1. Bagi manajer proyek, hasil penelitian ini dapat menjelaskan kondisi aktual status proyek.
2. Bagi manajemen, hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran kondisi proyek lebih cepat sehingga dapat memberikan keputusan dengan tepat.

3. Bagi pelanggan PT XYZ, hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran yang jelas posisi proyek saat ini serta perkiraan waktu selesai saat ada *upgrade workscope*.
4. Bagi pembaca dapat mengimplementasikan pelaporan performa proyek menggunakan metode earned value method di area tempatnya bekerja.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini disusun sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi tentang gambaran umum masalah yang diselesaikan dengan penjelasan latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Tinjauan pustaka menjabarkan proses bisnis di PT XYZ untuk menggambarkan aliran order dikerjakan serta memaparkan teori pendukung untuk pengerjaan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memberi penjelasan tentang metodologi penelitian dan pendekatan sistem yang terdiri atas kerangka dan alur tahapan metode yang digunakan hingga menghasilkan solusi perbaikan yang diinginkan.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini membahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian. Data tersebut dilakukan pengolahan dan dilakukan perancangan model dengan metode simulasi, kemudian dilakukan pengujian pada model yang telah dirancang.

BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bab ini berisi mengenai uraian analisis terkait hasil pengolahan data yang telah dilakukan serta pembahasan.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memaparkan kesimpulan terhadap hasil penelitian yang didapat. Kesimpulan mengacu pada tujuan yang diharapkan serta saran yang diberikan untuk kesempurnaan penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

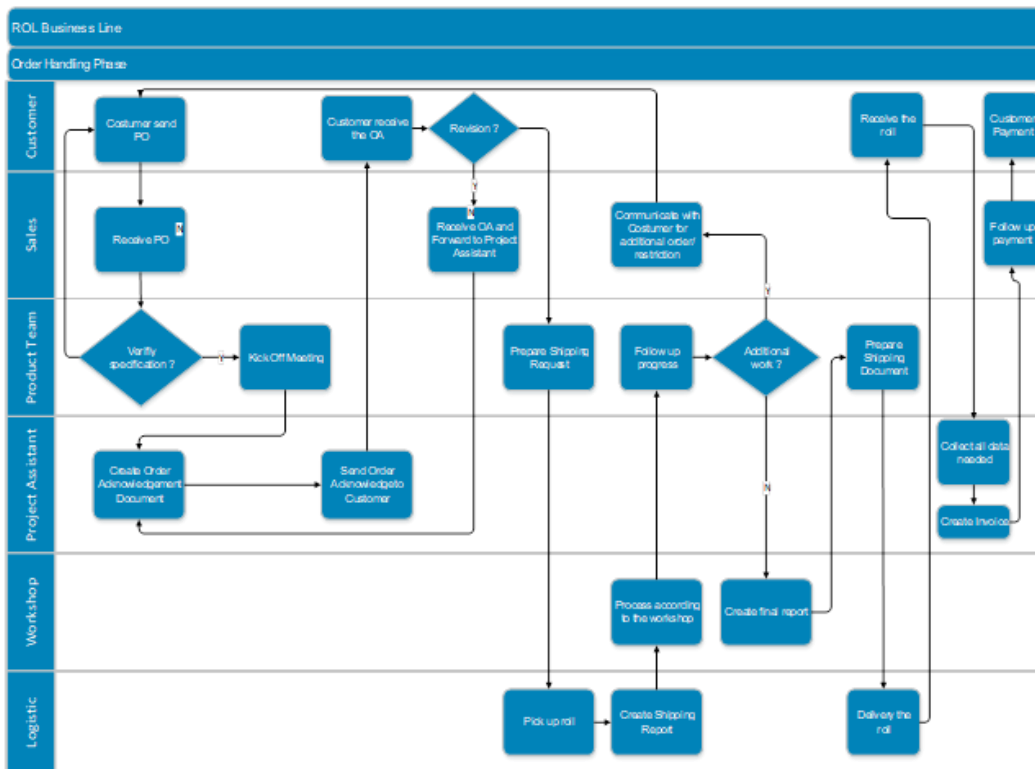
KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Konsep Pengelolaan Proyek Perawatan Mesin Rol Kertas

Konsep perawatan pada proyek pulp & paper terdiri atas beberapa tahapan berikut:

1. Pelanggan mengirimkan *purchase order*.
2. Tim sales melakukan pengecekan terhadap purchase order dan syarat persetujuan.
3. Manajemen produksi melakukan pengecekan terhadap spesifikasi dan dokumen mencakup, spesifikasi teknis, poin komersial, dan harga. Purchase order akan dikirimkan ke asisten proyek untuk melakukan pembuatan *order acknowledgement* (OA). Sebelum melakukan pembuatan OA, tim produksi akan melakukan kick-off meeting untuk mendiskusikan eksekusi proyek.
4. Asisten proyek melakukan pembuatan *order acknowledgement*.
5. Asisten proyek mengirimkan OA ke pelanggan untuk persetujuan.
6. Tim produksi mempersiapkan pengiriman mesin rol, dibantu oleh tim logistic.
7. Perawatan mesin rol dilakukan oleh tim produksi sesuai dengan lingkup kerja.
8. Tim produksi melakukan update status terkait dengan proses pekerjaan kepada pelanggan.
9. Sales berkomunikasi terhadap pelanggan jika terhadap penambahan task pada perawatan atau ada temuan saat proses pengerjaan perawatan.
10. Melakukan finalisasi laporan akhir perawatan.
11. Tim produksi mempersiapkan dokumen pengiriman kembali dan tim logistik mengirimkan mesin rol kepada pelanggan.

Fase menangani pesanan pada PT XYZ ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Fase Menangani Pesanan (Sumber: Dokumen Internal PT XYZ)

Pada fase menangani pesanan, tahapan kritis terdapat pada perawatan mesin rol dan update status terkait proses pekerjaan kepada pelanggan. Kegagalan dapat terjadi saat temuan dilaporkan terlambat, perhitungan estimasi penyelesaian meleset, serta perhitungan tambahan biaya tidak dapat dilaporkan dengan segera kepada pelanggan, membuat pelanggan mendapatkan tagihan biaya susulan terlambat.

2.2 Keberhasilan Proyek

Pencapaian kesepahaman umum tentang keberhasilan proyek membutuhkan pendefinisian untuk kriteria keberhasilan. (Muller & Turner, 2007). Kriteria keberhasilan diukur untuk menetapkan kesuksesan atau keberhasilan proyek (Miller & Judgev, 2012). Untuk mencapai keberhasilan proyek, faktor keberhasilan perlu ditetapkan di sepanjang *project life cycle*. Terdapat dua definisi faktor keberhasilan proyek sebagai berikut:

- Faktor keberhasilan proyek adalah elemen dari suatu proyek yang jika mempengaruhi suatu kondisi maka dapat meningkatkan kemungkinan

keberhasilan. Hal ini merupakan variabel independen yang membuat kemungkinan keberhasilan (Payne & Turner, 1999).

- Kriteria keberhasilan proyek adalah pengukuran yang digunakan untuk menilai sukses atau gagal nya suatu proyek. Hal ini merupakan variabel dependen yang mengukur keberhasilan (Morris & Hough, 1988).

Maka faktor keberhasilan dapat didefinisikan sebagai elemen dari suatu proyek yang mempengaruhi keberhasilan proyek yang dapat diukur untuk menilai sukses atau gagal nya suatu proyek.

2.3 Definisi Manajer Proyek

Seorang manajer proyek atau project manager adalah seseorang yang ditunjuk atau ditetapkan untuk bertanggung jawab terhadap kegiatan keseharian (*day to day*) pengelolaan proyek untuk kepentingan organisasi (Heryanto & Triwibowo, 2013). Menurut Ervianto (2007) project manager dapat didefinisikan sebagai seseorang yang bertanggung jawab terhadap pelaksanaan proyek dimulai dari kegiatan yang paling awal hingga proyek selesai. *Project manager* bertanggung jawab terhadap organisasi induk, proyeknya sendiri, dan tim yang bekerja dalam proyeknya. Menurut Duffield dan Trigunarsyah (1999), seorang *project manager* bertindak sebagai agen atau wakil dari pemilik proyek.

Maka, manajer proyek dapat didefinisikan sebagai seseorang wakil pemilik proyek yang bertanggung jawab terhadap pelaksanaan keseluruhan proyek mulai dari kegiatan keseharian hingga hal yang terkait dengan kepentingan organisasi induk.

2.4 Definisi Lead Time

Menurut Zulfikarijah (2005) adalah merupakan waktu yang diperlukan oleh perusahaan untuk memenuhi *order*, mulai dari datangnya *order* hingga produk yang dipesan sampai ke tangan *customer*. Menurut Stevenson (2009), *lead time* adalah waktu antara penempatan pesanan dan penerimaan.

Maka, *lead time* dalam hal ini dapat didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan oleh perusahaan untuk memenuhi pesanan perbaikan mulai dari barang diterima di tempat perbaikan hingga barang siap dikirimkan kembali ke pelanggan.

2.5 Work Breakdown Structure

Work Breakdown Structure (WBS) adalah suatu *deliverable* atau grup *product-oriented* elemen dari *task* proyek yang ditunjukkan dalam tampilan grafis untuk mengatur dan membagi total pekerjaan ruang lingkup suatu proyek. Pemikiran dan perencanaan yang matang seharusnya diberikan untuk pengembangan dan penerapannya sehingga perubahan dapat diminimalisasi. Revisi besar pada WBS membutuhkan usaha dan sumber daya yang besar karena penerapannya ke beragam aktivitas proyek. WBS proyek, yang didorong oleh ruang lingkup proyek, seharusnya tidak dibuat bingung dengan penggunaan sistem lain serupa WBS.

2.5.1 Pengembangan WBS

WBS adalah landasan perencanaan proyek yang efektif, pelaksanaan, pengendalian, dan pelaporan yang efektif. Seluruh pekerjaan yang terkandung dalam WBS harus diidentifikasi, diperkirakan, terjadwalkan, dan dianggarkan. WBS adalah struktur dan kode yang mengintegrasikan dan menghubungkan seluruh pekerjaan proyek (ruang lingkup, jadwal, dan biaya). Oleh karena itu, WBS berisi ruang lingkup proyek dasar yang diperlukan untuk mencapai tujuan teknis dari pekerjaan yang dijelaskan. WBS digunakan sebagai alat manajemen sepanjang *life-cycle* proyek untuk mengidentifikasi, menetapkan, dan melacak total *workscape*. Ketika pendanaan proyek awal diterima, direktur proyek mengembangkan WBS yang mengidentifikasi dana yang diperlukan sesuai dengan jadwal dan kebutuhan *task* di elemen WBS. WBS umumnya merupakan kerangka kerja multi-level yang mengatur dan secara grafis menampilkan elemen yang mewakili pekerjaan yang harus diselesaikan dalam *logical relationship*. Direktur proyek akan menyusun pekerjaan proyek ke dalam elemen WBS (paket kerja) yaitu:

Defineable - dapat dijelaskan dan mudah dipahami oleh peserta proyek

Manageable - unit kerja yang berarti di mana tanggung jawab khusus dan otoritas khusus dapat ditugaskan ke individu yang bertanggung jawab

Estimateable - durasi dapat diperkirakan dalam waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikannya dan biaya proyek dapat diperkirakan sumber daya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan.

Independent – Memiliki ketergantungan dengan elemen lain yang sedang berlangsung (misalnya: dapat *diassign* ke satu akun kontrol dan dapat dibedakan dengan jelas dari paket pekerjaan yang lain).

Integratable – terintegrasi dengan elemen pekerjaan proyek lainnya dan dengan penjadwalan dan estimasi biaya pada level yang lebih tinggi pada WBS untuk memasukkan ke dalam keseluruhan proyek.

2.5.2 Kamus WBS

Kamus WBS adalah sekumpulan definisi khusus yang secara menyeluruh menggambarkan ruang lingkup masing-masing elemen pekerjaan yang diidentifikasi di WBS. Kamus WBS mendefinisikan setiap elemen WBS ke akun kontrol level bawah atau tingkat paket pekerjaan dalam hal konten pekerjaan yang akan dilakukan. Kamus terdiri dari dua komponen:

- a. Ringkasan tabular dari elemen kamus yang direferensikan silang ke *indenture* WBS tingkat, revisi WBS, judul elemen, kode WBS proyek.
- b. Sebuah lembar kamus elemen kerja yang memberikan judul elemen pekerjaan, proyek kontraktor WBS dan kode akuntansi, anggaran, nomor pelaporan dan penjelasan rinci tentang pekerjaan yang akan dilakukan oleh elemen ini, termasuk *deliverable*.

2.5.3 Organizational Breakdown Structure

Melalui WBS, pekerjaan didefinisikan ke tingkat di mana organisasi dan pribadi unik tanggung jawab dapat ditetapkan. Ini dapat terjadi di salah satu dari beberapa tingkat di dalam proyek dan organisasi fungsional. Individu diberi

tanggung jawab untuk menyelesaikan pekerjaan di tingkat akun kontrol sering kali disebut sebagai akun kontrol pengelola. Akun kontrol dibagi menjadi lingkup pekerjaan yang lebih kecil dan terpisah yang disebut pekerjaan paket, dan manajer paket pekerjaan ditugaskan ke setiap paket pekerjaan. Proses integrasi WBS dengan proyek dan organisasi fungsional memastikan bahwa semua pekerjaan kontrak akan dipertanggungjawabkan, serta setiap elemen pekerjaan ditugaskan ke tingkat tanggung jawab diperlukan untuk perencanaan, pelacakan kemajuan, pengumpulan biaya, dan pelaporan.

2.6 Program Evaluation Review Technique (PERT)

PERT adalah suatu metode analisis yang dirancang untuk membantu dalam penjadwalan dan pengendalian proyek yang kompleks, yang menuntut bahwa masalah utama yang dibahas yaitu masalah teknik untuk menentukan jadwal kegiatan beserta anggaran biayanya sehingga dapat diselesaikan secara tepat waktu dan biaya. Menurut Saleh Mubarak dalam bukunya yang berjudul *Construction Project Scheduling and Control-2nd ed*: “PERT is an event-oriented network analysis technique used to estimate project duration when individual activity duration estimates are highly uncertain.” PERT adalah suatu kondisi yang berorientasi analisis jaringan teknik yang digunakan untuk memperkirakan durasi proyek ketika memperkirakan durasi kegiatan individu yang sangat tidak pasti.

2.6.1 Karakteristik PERT

Berdasarkan langkah-langkah penjelasan metode PERT maka bisa dilihat suatu karakteristik dasar PERT, yaitu sebuah jalur kritis dengan diketahuinya jalur kritis ini maka suatu proyek dalam jangka waktu penyelesaian yang lama dapat diminimalisasi.

2.6.2 Karakteristik Proyek

- a. Kejadiannya dibatasi oleh waktu; sifatnya sementara, diketahui kapan mulai dan berakhirnya.
- b. Dibatasi oleh biaya.
- c. Dibatasi oleh kualitas.
- d. Biasanya tidak berulang-ulang.

2.6.3 Kelebihan dan Kekurangan Metode PERT

1. Kelebihan Metode PERT

- a. Berguna pada tingkat manajemen proyek.
- b. Secara matematis tidak terlalu rumit.
- c. Menampilkan secara grafis menggunakan jaringan untuk menunjukkan hubungan antar kegiatan.
- d. Dapat ditunjukkan jalur kritis, jalur yang tidak ada slack nya atau halangan.
- e. Dapat memantau kemajuan proyek.
- f. Dapat diketahui waktu seluruh proyek akan diselesaikan.
- g. Mengetahui apa saja kegiatan kritis yaitu kegiatan yang akan menunda proyek jika terlambat dikerjakan.
- h. Mengetahui jumlah uang yang dibelanjakan sesuai rencana sesuai dengan proyek tersebut.
- i. Mengetahui probabilitas proyek selesai pada waktu tertentu.
- j. Efisiensi jumlah sumberdaya yang ada dapat menyelesaikan proyek tepat waktu.

2. Kekurangan Metode PERT

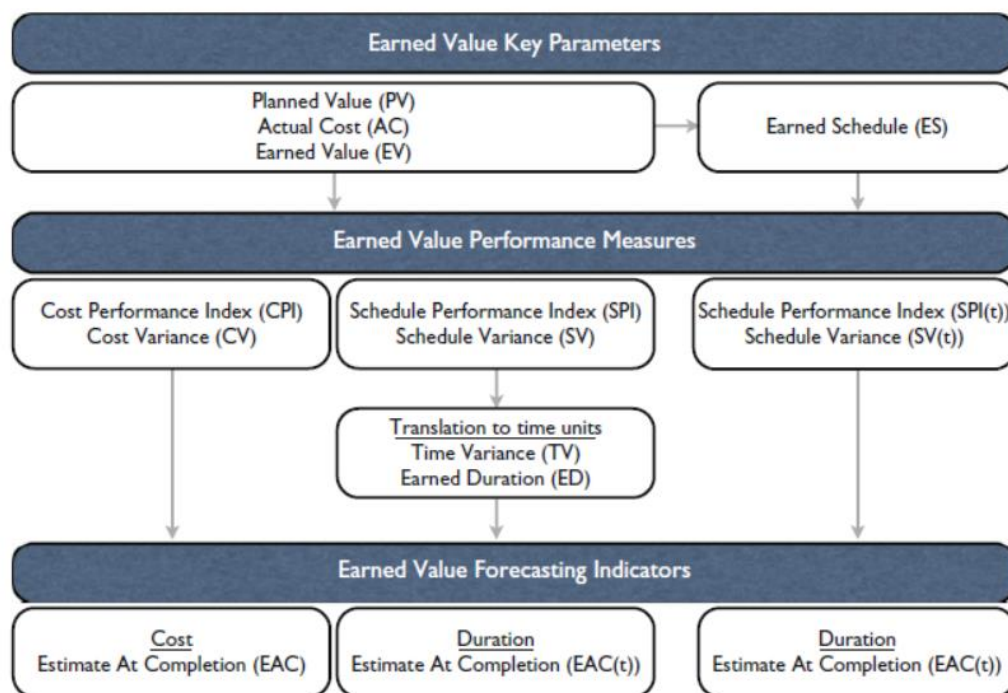
- a. Kegiatan proyek harus didefinisikan dengan jelas.
- b. Hubungan antar kegiatan harus ditunjukkan dan dikaitkan.
- c. Perkiraan waktu cenderung subyektif oleh perancang.
- d. Terlalu fokus pada jalur kritis, jalur yang terlama dan tanpa hambatan.

Pemaparan kekurangan PERT menunjukkan bahwa proyek perlu didefinisikan dengan jelas di awal. Penambahan kegiatan di tengah berjalannya proyek tidak dapat didukung oleh PERT. Proyek-proyek perawatan umumnya tidak dapat didefinisikan di awal dengan jelas dan detail karena terdapat penambahan pekerjaan pada saat proses awal pengecekan hingga pembongkaran bagian mesin.

2.7 Earned Value Management

Earned Value Management adalah metodologi yang digunakan untuk mengukur dan mengomunikasikan *progress* fisik aktual dari suatu proyek dan untuk mengintegrasikan tiga elemen penting manajemen proyek (ruang lingkup,

manajemen waktu, dan biaya). Metode ini memperhitungkan pekerjaan selesai, waktu yang dibutuhkan, dan biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan proyek dan membantu mengevaluasi serta mengendalikan risiko proyek dengan mengukur kemajuan proyek dalam lingkup finansial. Prinsip-prinsip dasar dan penggunaannya dalam praktik telah dilakukan secara komprehensif dijelaskan dalam banyak sumber. Meskipun EVM telah disiapkan untuk menindaklanjuti baik waktu maupun biaya, mayoritas penelitian difokuskan pada aspek biaya yang membahas EVM dari titik harga. Subbab ini mengulas metrik kunci dasar dalam nilai yang diperoleh, menguraikannya pada penelitian terbaru difokuskan pada aspek waktu EVM dan membandingkan yang baru metode yang dikembangkan, disebut *Earned Schedule*, dengan peramalan durasi proyek yang menggunakan pendekatan lebih tradisional.



Gambar 2.2 *Earned Value Management: key parameter, pengukuran performa, dan indikator peramalan* (Vanhoucke, 2013)

2.8 Key Parameter EVM

Proses pengukuran kinerja suatu proyek yang sedang berlangsung membutuhkan titik tertentu referensi dan pengetahuan tentang metrik dasar yang

digunakan dalam sistem EVM. Kinerja proyek harus diukur selama proyek berlangsung pada interval waktu yang teratur, oleh karena itu perlu titik acuan ideal adalah kerangka waktu tetap yang diketahui sebagai jadwal *baseline* proyek. Memiliki pengetahuan tentang biaya, jadwal *baseline* ini dapat diterjemahkan ke dalam *time-phased planned value* untuk masing-masing aktivitas untuk setiap aktivitas dan untuk total proyek. Durasi yang direncanakan PD sama dengan total durasi proyek sebagai hasil dari jadwal CPM yang dibuat atau sumber dayanya ekstensi terkait dan sering disebut sebagai jadwal saat penyelesaian. Waktu aktual AT atau durasi aktual AD menentukan jumlah periode waktu, misalnya minggu, proyek sedang berlangsung pada contoh waktu saat ini. Karena itu, langkah-langkah ini digunakan untuk menghitung *progress* proyek dan jumlah kenaikan waktu bahwa proyek sedang berjalan dan digunakan untuk menentukan periode pelaporan untuk pengukuran kinerja dari awal hingga akhir proyek. *Real duration (RD)* adalah durasi aktual proyek yang diketahui setelah proyek selesai. *Budget at Completion (BAC)* adalah jumlah dari semua biaya yang dianggarkan untuk masing-masing kegiatan. Variabel-variabel tersebut dapat diringkas sebagai berikut:

a. PD – *Planned Duration*

Umumnya dikenal sebagai *Schedule At Completion (SAC)* yaitu durasi total yang diharapkan diketahui dari jadwal *baseline*

b. RD – *Real Duration*

Durasi proyek sebenarnya yang dapat diketahui saat proyek selesai

c. BAC – *Budget At Completion*

biaya total yang diharapkan sebagai hasil dari jadwal *baseline*

d. RAC – *Real At Completion*

biaya proyek riil yang baru diketahui setelah proyek selesai

e. AD – *Actual Duration*

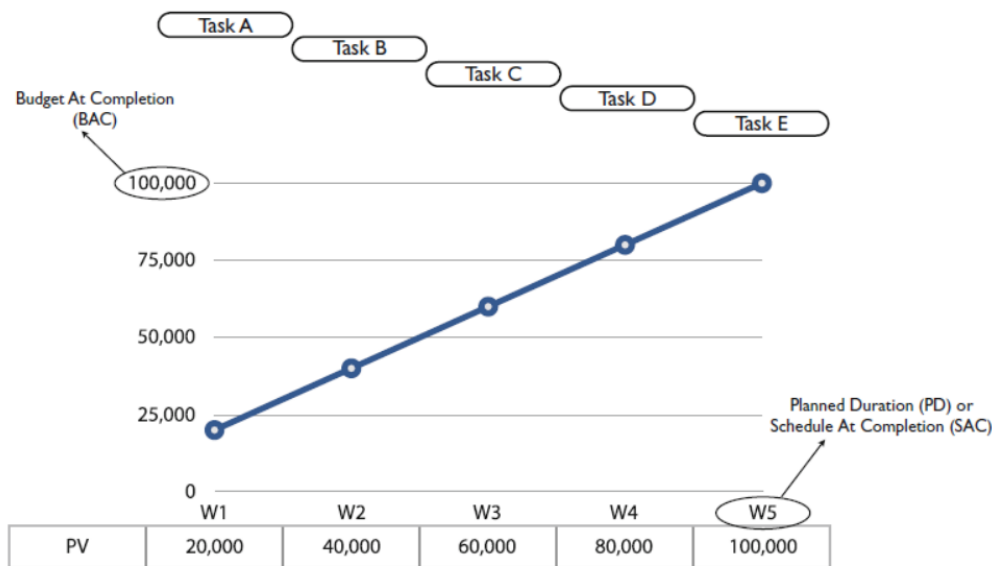
jumlah periode waktu proyek berlangsung

EVM memerlukan tiga parameter utama untuk mengukur kinerja proyek, yaitu *Planned Value (PV)*, *Actual Cost (AC)*, dan *Earned Value (EV)*. Indikator ke-4, yang dikenal dengan *earned schedule*, adalah extension dari 3 parameter kunci EVM.

2.8.1 Planned Value

Planned Value (PV) adalah dasar anggaran bertahap waktu sebagai acuan langsung jadwal yang dibangun dari jaringan proyek. PV memiliki peningkatan kumulatif dalam total biaya kegiatan yang dianggarkan yang diberikan waktu mulai dan selesai yang ditetapkan dalam jadwal dasar. Nilai yang direncanakan sering juga disebut biaya pekerjaan yang dianggarkan terjadwal, *budgeted cost of work scheduled* (BCWS).

Gambar 2.3 menunjukkan jadwal proyek dari jaringan proyek dengan 5 aktivitas secara seri. Setiap kegiatan memiliki durasi 1 minggu dan biaya yang dianggarkan €20.000, mengarah ke jadwal dengan durasi yang direncanakan PD = 5 minggu dan total biaya yang diharapkan, BAC, sebesar €100.000. Terjemahan dari jadwal baseline ditampilkan di bagian atas Gambar 2.3 dengan nama *task* dan diolah menjadi *term* finansial yang mengarah ke kurva *planned value*.

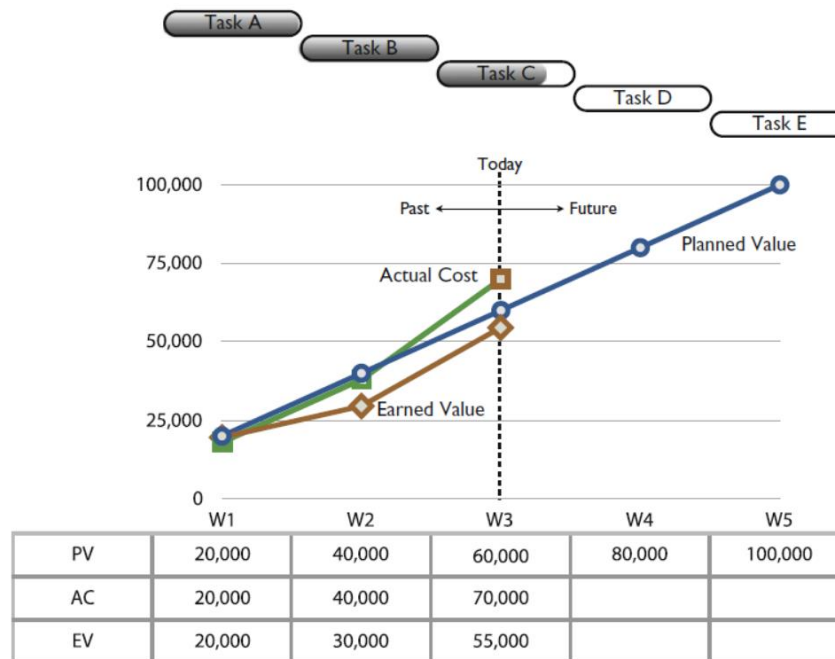


Gambar 2.3 *Planned value* proyek 5 aktivitas dengan BAC €100.000 dan PD 5 minggu (Vanhoucke, 2013)

2.8.2 Actual Cost

Actual Cost (AC) sering disebut juga sebagai *Actual Cost of Work Performed* (ACWP) merupakan biaya aktual kumulatif dikeluarkan poin yang diberikan AT di waktu-waktu tersebut dalam menyelesaikan suatu pekerjaan dalam tenggang waktu tertentu. Biaya ini diperoleh dari data realisasi pengeluaran proyek yang dimiliki manajer proyek. Pada masing-masing aktivitas, pengeluaran *actual*

cost disesuaikan dengan periode pengeluaran biaya. Manajer proyek perlu memiliki nilai aktual di tiap periode untuk memastikan grafik *earned value* dapat dikalkulasi dan ditampilkan sesuai *metode earned value*. Sumber actual cost dapat berasal dari *manhours*, pembelian material, biaya *repair*, serta biaya *exchange komponen*.



Gambar 2.4 *Planned value, actual cost, dan earned value* pada week 3 (Vanhoucke, 2013)

Garis fiksi *actual cost* pada proyek 5 aktivitas ditunjukkan pada Gambar 2.4. Gambar menunjukkan bahwa *actual cost* sejalan dengan kurva *planned value* untuk 2 minggu pertama, namun melebihi kurva PV saat ini (minggu ke-3), dengan catatan bahwa kurva PV adakah kurva untuk 5 minggu dari keseluruhan siklus proyek, didapatkan dari hasil jadwal *baseline*. Biaya sebenarnya hanya diketahui hingga saat ini, yang diasumsikan pada Gambar 2.4 saat minggu ke-3.

2.8.3 *Earned Value*

Earned Value (EV) merepresentasikan nilai yang telah dianggarkan untuk menjalankan aktivitas yang telah dilakukan pada poin yang telah diberikan, *actual time*, AT, dalam satuan waktu. *Earned value* juga disebut *Budgeted Cost of Work Performed* (BCWP) dan yang diperoleh dari perkalian persentase aktivitas yang telah komplet dengan *budget at completion* (PC*BAC).

Pada Gambar 2.4 diasumsikan bahwa 55% dari pekerjaan telah diselesaikan pada akhir *week* 3. Total EV = 0.55*BAC = €55.000

2.8.4 *Earned Schedule*

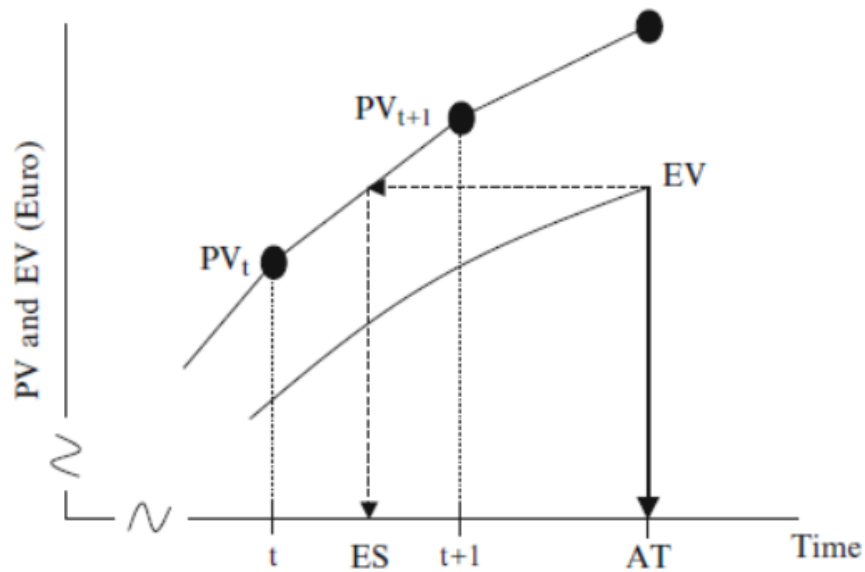
Metrik *Planned Value* (PV) dan *Earned Value* (EV) menunjukkan peningkatan proyek dalam *term* finansial, sedangkan EVM dibentuk untuk monitor waktu dan biaya proyek. *Earned schedule* adalah versi *extended* dari metrik EV dan PV yang dikalkulasi dengan formulasi sebagai berikut.

$$ES = t + \frac{EV - PV_t}{PV_{t+1} - PV_t} \dots \dots \dots (2. 1)$$

dengan,

- ES *Earned Schedule* (satuan waktu)
- EV *Earned Value* pada waktu aktual (satuan mata uang)
- PV_t *Planned Value* pada periode waktu (satuan waktu)

Nilai kumulatif ES didapatkan dari penggunaan EV untuk mengidentifikasi di mana kenaikan t pada nilai biaya PV untuk EV muncul. ES sama dengan nilai kumulatif waktu mulai permulaan dari kenaikan waktu, ditambah dengan hasil pembagian $\frac{EV - PV_t}{PV_{t+1} - PV_t}$. Nilai pembagian ini sama dengan nilai EV yang dikurangi dengan nilai *planned value* di titik tersebut dibagi dengan total PV yang direncanakan untuk periode waktu yang sama, yang dihitung sebagai interpolasi linear antara rentang waktu dari kenaikan waktu t dan t+1, dengan catatan bahwa penjelasan rumus tidak sesuai secara matematika dengan $EV = PV_t = PV_{t+1}$. Pada kasus ini, ES sama dengan period t yang terawal untuk $EV = PV_t$. menunjukkan contoh grafik dari interpolasi linear dari *planned value* antara periode t dan t+1.



Gambar 2.5 Interpolasi linear antara PV_t dan PV_{t+1} (Vanhoucke, 2013)

2.9 Pengukuran Performa

Key parameter dapat digunakan untuk mengukur performa *progress* proyek saat ini dan masa sebelumnya. Sebagai contoh, penggunaan tiga *key parameters* adalah sebagai berikut.

- a. Kurva EV mengukur nilai yang diperoleh pada satu waktu yang telah diselesaikan hingga saat ini (minggu ke-3), senilai €55.000.
- b. Kurva PV mengukur nilai yang seharusnya diperoleh berdasar jadwal *baseline* pada minggu ke-3, senilai €60.000.
- c. Kurva AC mengukur biaya aktual yang telah diserap hingga waktu saat ini (minggu ke-3), senilai €70.000.

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari kondisi tersebut adalah sebagai berikut.

- a. PV menyatakan bahwa seharusnya nilai yang telah diserap oleh proyek lebih besar €5.000 daripada aktual biaya EV pada minggu ke-3, maka proyek dinyatakan terlambat.
- b. Biaya aktual AC melebihi nilai yang seharusnya diserap untuk pekerjaan saat ini sebagai dinyatakan pada EV, maka proyek dinyatakan *over budget*.

2.9.1 Variances

Performa proyek, baik pada biaya maupun waktu, ditentukan dari membandingkan tiga parameter kunci yaitu PV, AC, dan EV, menghasilkan dua variansi performa:

SV *Schedule Variance* ($SV = EV - PV$)(2. 2)

= 0; proyek sesuai jadwal (satuan biaya)

< 0; proyek *delay* (satuan biaya)

> 0; proyek mendahului jadwal (satuan biaya)

CV *Cost of Variance* ($CV = EV - AC$)(2. 3)

= 0; biaya proyek sesuai dengan anggaran (satuan biaya)

< 0; biaya proyek *overrun* dari anggaran (satuan biaya)

> 0; biaya proyek kurang dari anggaran (satuan biaya)

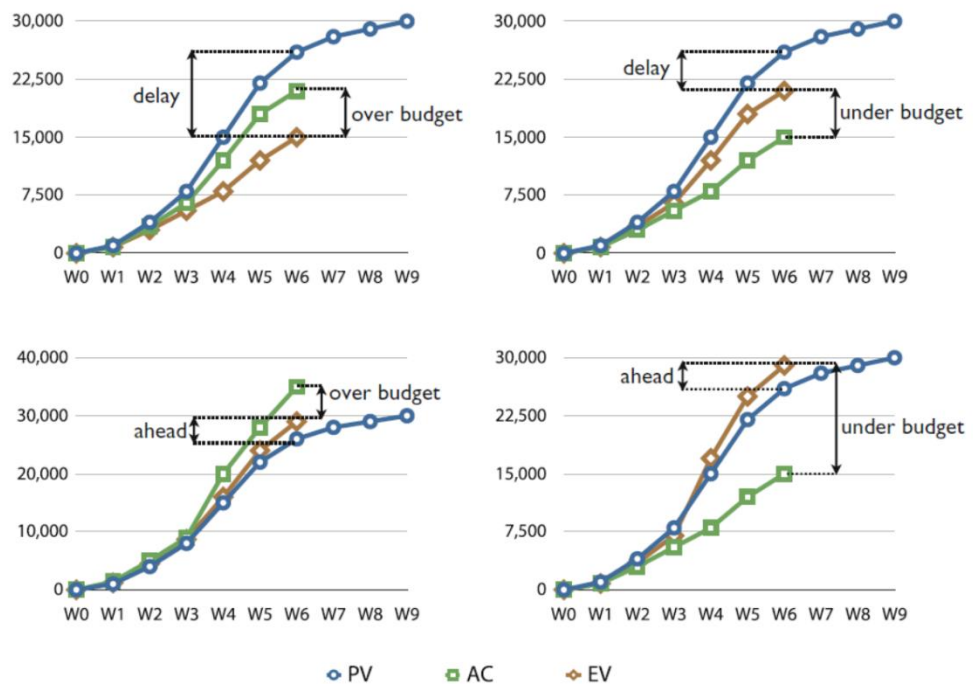
Terdapat sembilan kemungkinan situasi performa proyek yang berbeda dari dua sudut pandang, biaya dan waktu, dan masing-masing kemungkinan variansinya (nol, positif, dan negatif). Contoh proyek 5 aktivitas yang ditunjukkan dalam Gambar 2.4 menunjukkan $SV = - €5,000$ dan $CV = - €15,000$, mengindikasikan proyek berjalan terlambat dan *over budget*. Gambar 2.6 menunjukkan tiga *key parameter* EVM untuk proyek contoh dengan empat skenario kemungkinan:

Skenario 1: proyek terlambat, *over budget*

Skenario 2: proyek terlambat, *under budget*

Skenario 3: proyek selesai sebelum target, *over budget*

Skenario 4: proyek selesai sebelum target, *under budget*



Gambar2.1 Key Parameter EVM, PV, AC dan EV dalam empat skenario proyek (Vanhoucke, 2013)

SV diekspresikan dengan unit biaya sehingga metrik ES dapat digunakan untuk menerjemahkan variansi dalam satuan waktu, menggunakan variansi performa sebagai berikut.

$$SV_{(t)} \quad \text{Schedule Variance dengan Earned Schedule}$$

$$(SV_{(t)} = ES - AT) \dots\dots\dots(2. 4)$$

= 0; proyek sesuai jadwal (satuan waktu)
 < 0; proyek *delay* (satuan waktu)
 > 0; proyek mendahului jadwal (satuan waktu)

(t) digunakan untuk memberikan perbedaan dengan indikator SV tradisional. Metrik $SV_{(t)}$ pada proyek 5 aktivitas sama dengan $2,75 - 3 = - 0,25$ minggu. menyatakan dengan jelas proyek saat ini telah *delay*.

2.9.2 Indikator

Variance diekspresikan dengan term absolut, biaya (SV dan CV) dan waktu ($SV_{(t)}$) dan nilai bergantung pada unit pengukuran (euro, dolar, hari, minggu, dst). Ketika performa diukur dengan metrik tanpa unit, metrik biaya dan waktu dapat diganti dengan index performa jadwal dan biaya, yang diekspresikan sebagai

persentase dari performa baseline (yang diasumsikan 100%). Pengukuran performa dapat dikalkulasi sebagai berikut.

SPI *Schedule Performance Index* ($SPI = \frac{EV}{PV}$)(2. 5)

Rasio untuk melihat efisiensi waktu proyek yang dihitung dengan membagi antara *earned value* dan *planned value*

= 0; proyek sesuai jadwal

< 0; proyek *delay*

> 0; proyek mendahului jadwal

CPI *Cost Performance Index* ($CPI = \frac{EV}{AC}$)(2. 6)

Rasio untuk mengukur efisiensi biaya proyek yang dihitung dengan membagi antara *earned value* dan *planned value*

= 0; biaya proyek sesuai dengan anggaran

< 0; biaya proyek *overrun* dari anggaran

> 0; biaya proyek kurang dari anggran

Menggunakan konsep ES, alternatif untuk indikator SPI tradisional dapat didefinisikan sebagai berikut.

$SPI_{(t)}$ *Schedule Performance Index* dengan *Earned Schedule*

$(SPI_{(t)} = \frac{ES}{AT})$ (2. 7)

= 0; proyek sesuai jadwal

< 0; proyek *delay*

> 0; proyek mendahului jadwal

Keuntungan penggunaan indikator performa berbasis ES adalah indikator tersebut dapat diekspresikan dalam dimensi waktu. Selain itu, Lipke, 2003, mengkritisi penggunaan metrik SV dan SPI klasik karena memberikan peramalan waktu yang tidak dapat diandalkan untuk akhir dari suatu proyek. Dengan alasan ini, Lipke menyediakan pengukuran menggunakan basis waktu untuk menggantikan penggambaran yang aneh dari indikator SV dan SPI, dikenal dengan metrik *earned schedule*, yang menyediakan pengukuran performa waktu.

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang penggunaan metode *critical chain path project* diteliti oleh Kulkami et al (2017), dan penelitian penyusunan prosedur untuk aktivitas

perawatan pesawat oleh Junqueira et al (2018). Penelitian tersebut fokus pada perencanaan dan penyusunan *task* dalam *scheduling* namun belum mencakup dashboard *monitoring* dan format pelaporan mingguan yang lebih mudah dibaca dan dimengerti *higher management*. Penelitian tentang *project control* dilakukan dengan menggunakan pendekatan integrasi antara metode *earned value*, *earned schedule*, serta *critical chain method* oleh Colin et al (2015) dan penggabungan dengan metode *Performance Evaluation Review Technique (PERT)* oleh Acebes et al (2013) dengan menggunakan *simulation modeling* sebagai contoh studi kasus proyek. Metode *earned schedule* telah dilakukan sebelumnya oleh Sveinsson pada industri konstruksi di Islandia (2010). Riwayat penelitian ditunjukkan dalam Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Sveinsson membuat *work breakdown structure (WBS)* dengan 5 tier dan mengukur performansi proyek dan peramalan performansi proyek menggunakan *earned value* serta *earned schedule* dengan kesimpulan bahwa penggunaan *earned value* dengan ekstensi metode menggunakan *earned schedule* perlu dipertimbangkan project manager untuk mendapatkan *early warning* agar dapat menyelamatkan keseluruhan proyek (Sveinsson, 2010).

Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terdahulu

Judul Penelitian	Nama Penulis	Tahun	Jenis Penelitian	Objek Penelitian
<i>Implementation of The Earned Value and Earned Schedule Methods For Project Cost and Schedule Control in The Icelandic Construction Industry</i>	O.G. Sveinsson	2010	Tesis	Industri Konstruksi Islandia
<i>Earned Schedule: From Emerging Practice to Practical Application</i>	Bill Mowery MPM, PMP	2012	Jurnal	Sampel Proyek
<i>A Comparison of Earned Value Management and Earned Schedule as Schedule Predictors on DID ACAT I Pprograms</i>	Capt. Kevin T. Crumrine, dkk.	2013	Jurnal	Major Defense Acquisition Program pada Department Of Defense United States
<i>A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics.</i>	Fernando Acebes, dkk.	2013	Jurnal	Sampel proyek menggunakan jenis-jenis distribusi
<i>A Comparison of The Performance of Various Project Control Methods using Earned Value Management Systems</i>	Jeroen Colin, dkk.	2014	Jurnal	Simulasi <i>Network</i> menggunakan Monte Carlo
<i>Project Scheduling Method with Time using MRP system: A case study: Construction project in Libya</i>	Abdallah Ali Imetieg, dkk.	2015	Jurnal	Proyek Konstruksi
<i>Project Control Based on a Mutual Application of PERT and Earned Value Management Methods</i>	Anastasiia Mishakova, dkk.	2016	Jurnal	Sampel Proyek

Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

Judul Penelitian	Nama Penulis	Tahun	Jenis Penelitian	Objek Penelitian
<i>Schedule Forecasting of Project using EVM and PERT</i>	Sanket P. Borse	2016	Jurnal	Proyek Residensial
<i>Perbandingan Metode Prediksi Penyelesaian Proyek Earned Value Management dan Earned Schedule</i>	Elsa Oktavetri, dkk.	2017	Jurnal	Sampel Proyek
<i>Forecasting Project Completion Date Using Earned Schedule and Primavera P6</i>	Asaad Alshaheen	2018	Jurnal	Aktivitas Konstruksi
Akurasi Prediksi Durasi Penyelesaian Proyek dengan Earn Value Management dan Earn Schedule	Gde Agus Yudha P.A., dkk.	2018	Jurnal	Proyek Bangunan Gedung di UNESA
Akurasi Prediksi Durasi Penyelesaian Proyek dengan Earn Value Management dan Earn Schedule	Gde Agus Yudha P.A., dkk.	2018	Jurnal	Proyek Bangunan Gedung di UNESA
<i>Analysis of the Earned Value Management and Earned Schedule Techniques in Complex Hydroelectric Power Production Projects: Cost and Time Forecast</i>	P. Urgiles, J. Claver, dkk.	2019	Jurnal	Proyek Complex Hydroelectric Power Production

2.1 Daftar Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

Judul Penelitian	Nama Penulis	Tahun	Jenis Penelitian	Objek Penelitian
<i>Innovating the Maintenance Repair and Overhaul Phase through Digitalization</i>	Marco Esposito, dkk.	2019	Jurnal	Maintenance Repair and Overhaul
Penerapan dan Pemberian Milestone pada Metode Earned Schedule untuk Pengendalian Penjadwalan pada Beberapa Proyek	Hanny Sampurna, dkk.	2019	Jurnal	Proyek Konstruksi
<i>Project Management Model: Integrating Earned Schedule, Quality, and Risk in Earned Value Management</i>	Angelimarie Miguel, dkk.	2019	Jurnal	Sampel proyek
Perbandingan Metode <i>Earned Value</i> , <i>Earned Schedule</i> , dan <i>Kalman Filter Earned Value</i> untuk Prediksi Durasi Proyek	Andree Sugiyanto, dkk.	2020	Jurnal	Proyek pemeliharaan dan rekonstruksi jalan tol Jakarta-Cikampek dan Jakarta-Tangerang
<i>Duration Estimate at Completion: Improving Earned Value Management Forecasting Accuracy</i>	Solomon Sackey, dkk.	2020	Jurnal	Proyek 3 unit pembangunan kelas di Ghana
<i>Implementation of Project Evaluation and Review Technique (PERT) and Critical Path Method (CPM): A Comparative Study</i>	Orumie Ukamaka, dkk.	2020	Jurnal	Sampel Proyek

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Penulis

Judul Penelitian		Metode			Output		
		<i>Work Breakdown Structure</i>	<i>Critical Path Method</i>	<i>Earned Value Management + Earned Schedule</i>	<i>Performance Parameter</i>	<i>Prediksi Lead Time</i>	<i>Dashboard Project Monitoring Cost and Duration</i>
Penelitian Terdahulu	<i>Implementation of The Earned Value and Earned Schedule Methods For Project Cost and Schedule Control in The Icelandic Construction Industry</i>	√		√	√	√	
	<i>Earned Schedule: From Emerging Practice to Practical Application</i>			√	√	√	
	<i>A Comparison of Earned Value Management and Earned Schedule as Schedule Predictors on DID ACAT I Pprograms</i>			√	√		

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Penulis (Lanjutan)

Judul Penelitian		Metode			Output		
		<i>Work Breakdown Structure</i>	<i>Critical Path Method</i>	<i>Earned Value Management + Earned Schedule</i>	<i>Performance Parameter</i>	<i>Prediksi Lead Time</i>	<i>Dashboard Project Monitoring Cost and Duration</i>
Penelitian Terdahulu	<i>A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics.</i>			√	√	√	
	<i>A Comparison of The Performance of Various Project Control Methods using Earned Value Management Systems</i>	√	√	√	√		
	<i>Project Scheduling Method with Time using MRP system: A case study: Construction project in Libya</i>						

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Penulis (Lanjutan)

Judul Penelitian		Metode			Output		
		<i>Work Breakdown Structure</i>	<i>Critical Path Method</i>	<i>Earned Value Management + Earned Schedule</i>	<i>Performance Parameter</i>	<i>Prediksi Lead Time</i>	<i>Dashboard Project Monitoring Cost and Duration</i>
PPenelitian Terdahulu	<i>Project Control Based on a Mutual Application of PERT and Earned Value Management Methods</i>			√	√	√	
	<i>Schedule Forecasting of Project using EVM and PERT</i>			√	√	√	
	<i>Perbandingan Metode Prediksi Penyelesaian Proyek Earned Value Management dan Earned Schedule</i>			√	√		
	<i>Forecasting Project Completion Date Using Earned Schedule and Primavera P6</i>			√	√	√	√

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Penulis (Lanjutan)

Judul Penelitian		Metode			Output		
		<i>Work Breakdown Structure</i>	<i>Critical Path Method</i>	<i>Earned Value Management + Earned Schedule</i>	<i>Performance Parameter</i>	<i>Prediksi Lead Time</i>	<i>Dashboard Project Monitoring Cost and Duration</i>
Penelitian Terdahulu	Akurasi Prediksi Durasi Penyelesaian Proyek dengan <i>Earn Value Management</i> dan <i>Earn Schedule</i>			√	√	√	
	<i>Analysis of the Earned Value Management and Earned Schedule Techniques in Complex Hydroelectric Power Production Projects: Cost and Time Forecast</i>			√	√	√	
	<i>Innovating the Maintenance Repair and Overhaul Phase through Digitalization</i>			√	√		

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Penulis (Lanjutan)

Judul Penelitian		Metode			Output		
		<i>Work Breakdown Structure</i>	<i>Critical Path Method</i>	<i>Earned Value Management + Earned Schedule</i>	<i>Performance Parameter</i>	<i>Prediksi Lead Time</i>	<i>Dashboard Project Monitoring Cost and Duration</i>
Penelitian Terdahulu	Penerapan dan Pemberian Milestone pada Metode Earned Schedule untuk Pengendalian Penjadwalan pada Beberapa Proyek			√	√	√	
	<i>Project Management Model: Integrating Earned Schedule, Quality, and Risk in Earned Value Management</i>			√	√		
	Perbandingan Metode <i>Earned Value, Earned Schedule</i> , dan <i>Kalman Filter Earned Value</i> untuk Prediksi Durasi Proyek			√	√		

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Penulis (Lanjutan)

Judul Penelitian		Metode			Output		
		<i>Work Breakdown Structure</i>	<i>Critical Path Method</i>	<i>Earned Value Management + Earned Schedule</i>	<i>Performance Parameter</i>	<i>Prediksi Lead Time</i>	<i>Dashboard Project Monitoring Cost and Duration</i>
Penelitian Terdahulu	<i>Duration Estimate at Completion: Improving Earned Value Management Forecasting Accuracy</i>			√	√	√	√
	<i>Perbandingan Metode Prediksi Penyelesaian Proyek Earned Value Management dan Earned Schedule</i>			√	√		
	<i>Implementation of Project Evaluation and Review Technique (PERT) and Critical Path Method (CPM): A Comparative Study</i>		√		√		

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Penulis (Lanjutan)

Judul Penelitian		Metode			Output		
		<i>Work Breakdown Structure</i>	<i>Critical Path Method</i>	<i>Earned Value Management + Earned Schedule</i>	<i>Performance Parameter</i>	<i>Prediksi Lead Time</i>	<i>Dashboard Project Monitoring Cost and Duration</i>
Penelitian Ini	Analisis Pengukuran Biaya dan <i>Lead Time</i> Pada Proyek Perawatan <i>Pulp & Paper Machine</i>	√	√	√	√	√	√

Penelitian untuk membandingkan hasil performa penjadwalan yang membandingkan hasil *earned value* dan *earned schedule* dilakukan oleh Capt. Kevin T. dan Lt. Col Jonathan Ritschel (2013) dengan objek penelitian program *Acquisition Category* (ACAT) I yang dikembangkan oleh *Department of Defense* (DOD) Amerika Serikat dan penelitian tersebut dilakukan juga oleh Urgiles (2019) dengan objek penelitian proyek *Hydroelectric Power*. Penelitian untuk melihat performa proyek dilakukan dengan membandingkan *earned value*, *earned schedule*, serta *Kalman filter earned value* oleh Sugiyanto et al (2020). Pada penelitian ini, objek penelitian menggunakan proyek pemeliharaan dan rekonstruksi jalan tol Jakarta-Cikampek dan Jakarta-Tangerang. Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang terkecil didapatkan pada penggunaan *earned schedule*.

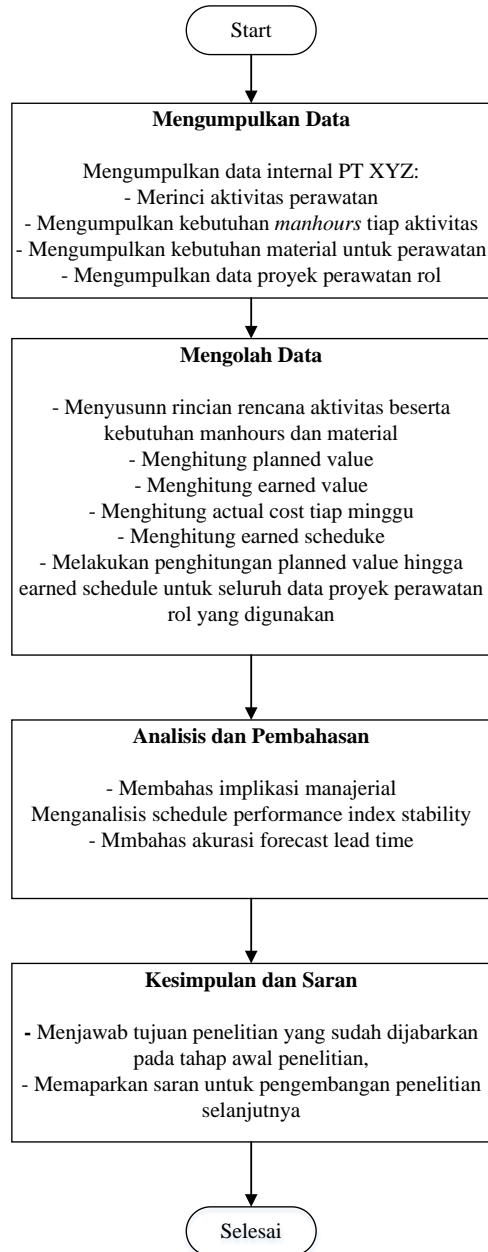
Penelitian untuk melakukan peramalan estimasi durasi penyelesaian proyek dilakukan oleh Alshaheen pada aktivitas konstruksi (2018) dan dilakukan oleh Sackey et al pada objek penelitian proyek 3 unit pembangunan kelas di Ghana. Pada penelitian tersebut dibahas *dashboard* visualisasi yang dapat menampilkan peramalan estimasi durasi penyelesaian waktu saat ini.

Berdasar penelitian terdahulu dan tujuan pada penelitian ini, penulis akan menggunakan metode *earned schedule* yang merupakan ekstensi dari metode *earned value*. *Output* yang diharapkan dari penelitian ini adalah grafik performa proyek yang dapat ditampilkan untuk parameter keputusan serta peramalan *lead time* penyelesaian proyek .

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian untuk menyelesaikan suatu permasalahan. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Mengumpulkan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pada tahun 2020 sejumlah 6 data proyek perawatan rol dengan lingkup pekerjaan *major refurbishment*. Proyek dengan jenis *major refurbishment* digunakan dalam penelitian ini agar hasil analisis dapat diimplementasikan pada proyek *major refurbishment* maupun *customize refurbishment*.

Data diunduh dari sistem yang bernama Baan. Baan merekam *manhours* aktual dan *machine hours* yang digunakan saat pengerjaan proyek dari masing-masing workstation yang telah disetujui dan diunggah oleh *supervisor workstation*. Data ini akan menjadi masukan untuk bahan perhitungan *earned value*. Rincian aktivitas inisial yang telah dirancang oleh manajer proyek juga dikumpulkan dalam proses pengumpulan data sebagai *dashboard* rincian aktivitas dalam perhitungan *planned value*.

3.2 Mengolah Data

Pengolahan data penelitian dilakukan menggunakan *precedence project network*, kemudian dilanjutkan penghitungan *earned value* sebagai input untuk penghitungan metode *earned schedule*. Pengolahan data yang didapat dilanjutkan untuk penghitungan peramalan durasi dengan menggunakan metode *earned schedule* untuk mendapatkan estimasi waktu penyelesaian. Urutan pengolahan data dijelaskan sebagai berikut:

2.10.1 Work Breakdown Structure

Pembuatan *work breakdown structure* dilakukan dengan referensi data perawatan. Data urutan pekerjaan dari perawatan rol untuk perawatan *overhaul* didapatkan dari *production order* yang telah didefinisikan oleh *engineer* dari penerjemahan *manual* rol, yaitu langkah-langkah instruksi kerja yang dikeluarkan oleh manufaktur. Dari data tersebut dilakukan pengurutan langkah-langkah aktivitas sesuai dengan *production order*, serta aktivitas inisial yang dirancang oleh manajer proyek. Hasil yang diharapkan dari pembuatan Work Breakdown Structure ini adalah susunan hirarki pekerjaan pada perawatan rol sehingga dapat didefinisikan sub pekerjaan yang mendukung pekerjaan inti untuk mengidentifikasi seluruh tujuan yang harus diselesaikan sesuai dengan iterasi yang telah dibuat.

2.10.2 Penghitungan Parameter Menggunakan *Earned Value Method*

Pengolahan data berikutnya adalah mendefinisikan *planned value* masing-masing aktivitas. Penentuan *planned value* mengacu pada rancangan aktivitas manajer proyek. Setelah menentukan *planned value*, dilakukanlah penentuan *earned value*, yaitu biaya kumulatif yang senilai untuk kegiatan yang telah dilaksanakan. Earned value dikenal juga dengan istilah *BCWP (Budgeted Cost of Work Performed)*.

2.10.3 *Earned Schedule*

Earned value hasil penghitungan sebelumnya menjadi input pada penghitungan *Earned Schedule (ES)*. Penghitungan *earned schedule* dilakukan dengan rumus $ES = t + \frac{EV - PV_t}{PV_{t+1} - PV_t}$. Setelah mendapatkan nilai ES, kemudian dilanjutkan dengan penghitungan *schedule variance* dan *schedule performance index* sebagai indikator *earned schedule*.

2.10.4 Peramalan Tanggal Penyelesaian

Prediksi waktu selesai proyek akan dihitung menggunakan *Independent Estimate at Completion (IEAC)*. Metode IEAC yang digunakan adalah penghitungan *planned date* dibagi dengan *schedule performance index*, dan hasil tersebut akan dibandingkan dengan hasil estimasi penyelesaian atau *lead time* yang saat ini digunakan pada *workshop*.

3.3 Analisis dan Pembahasan

Analisis hasil pengolahan data dari metode *earned value dan earned schedule* dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan. Analisis hasil dilakukan untuk mengetahui performa *monitoring* dengan mengulas kestabilan *cost performance index* serta *schedule performance index* dari hasil grafik performansi proyek. Selain itu, hasil metode *earned schedule* yang telah dilakukan pada proyek dapat diukur juga *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dari perbandingan durasi aktual dan durasi perencanaan proyek. Hasil dari analisis ini akan menjawab rumusan masalah yang ditetapkan.

Pembahasan hasil pengolahan data diharapkan akan menjadi bahan pertimbangan PT XYZ untuk menggunakan hasil *dashboard* yang telah dianalisis

dan diajukan sebagai *report* yang dijadikan standar untuk pelaporan para manajer proyek.

3.4 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan diperoleh untuk menjawab tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya. Selain itu, pada tahap kesimpulan dijelaskan mengenai rekomendasi yang perlu dilakukan para *project manager* untuk penggunaan *dashboard monitoring* dan parameteranya sebagai laporan standar. Bagian saran disampaikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya yang dapat dilakukan untuk melengkapi kekurangan pada penelitian ini.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Proyek yang diharapkan dapat selesai dengan sukses perlu dipastikan bahwa perencanaan dan eksekusi proyek tersebut diimplementasikan dengan tepat. Perencanaan yang tidak tepat tidak akan mengarahkan proyek pada eksekusi dan kontrol yang tidak tepat. Pada bab ini dilakukan analisis terhadap daftar rencana proses pengerjaan. Proses ini akan dituangkan dalam bentuk *Work Breakdown Structure* untuk memudahkan pengecekan proses kerja workshop PT XYZ secara umum. Setelah itu dilakukan pengumpulan *master data* perencanaan proyek-proyek perawatan *rol kertas dan 5 proyek* yang telah berjalan dan dilakukan di PT XYZ tahun 2020. Setelah data-data yang dibutuhkan terkumpul, kemudian dilakukan desain *dashboard* tampilan penghitungan proyek dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Desain *dashboard* pada *Excel* disesuaikan dengan parameter-parameter yang akan dihitung menggunakan parameter *earned value* dilanjutkan penghitungan parameter *earned schedule* serta penghitungan prediksi *lead time* waktu penyelesaian proyek.

4.1 Pengumpulan Data

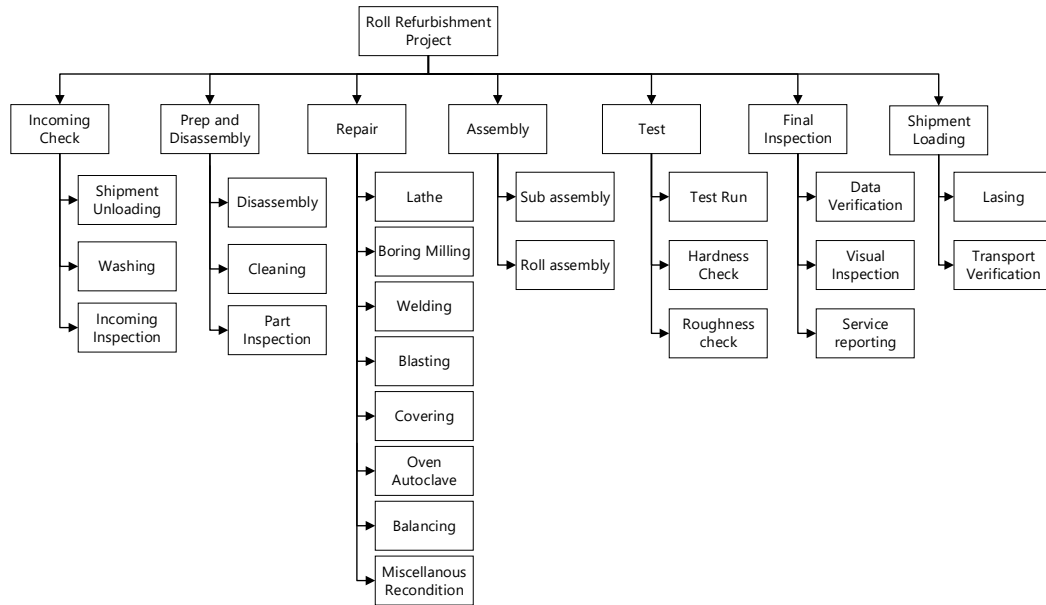
Data untuk penelitian ini didapatkan dari Baan yang mengakomodir pengumpulan data proyek meliputi durasi aktual pengerjaan, *manhours*, dan biaya material. Data selanjutnya adalah data mingguan saat *operational meeting* dengan *highlight status* perawatan rol kertas yang dilaporkan oleh para *project manager*. *Weekly operational meeting* berisikan rencana durasi, *highlight* laporan tiap minggu, serta tanggal aktual masing-masing aktivitas selesai dilakukan di setiap proses mingguannya. Selanjutnya dilakukan juga pengumpulan data perbandingan biaya perencanaan serta biaya aktual, durasi perencanaan dan durasi aktual yang didapatkan dari pelaporan *post project review*. Data tersebut terlampir dalam lampiran. Data jam kerja aktual dan biaya material aktual pengerjaan tiap-tiap proyek diambil dari sistem Baan. Proses mengunduh data yang berjudul *actual cost price by project* dari sistem Baan dengan cara memilih opsi *notepad* pada fitur

pilihan cetak, setelah semua data yang berjudul *actual cost price by project* yang dicetak ke dalam *notepad* selanjutnya disalin dan tempel ke Microsoft Excel, setelah data deskripsi pekerjaan, nilai estimasi biaya dan biaya aktual yang sudah didalam *excel* di masukkan kedalam masing-masing format. Nilai estimasi biaya dimasukkan kedalam format plan value, dan nilai biaya aktual dimasukkan kedalam format actual cost, dan status pengerjaan proyek diisi pada format earn value maka selanjutnya nilai PV, BCWS dan grafik akan terlihat pada *dashboard*.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Work Breakdown Structure

Data urutan pekerjaan untuk perbaikan rol didapatkan dari BAAN, suatu Enterprise Resource Planning yang digunakan oleh PT. XYZ, telah didefinisikan oleh engineer dari penerjemahan operating and maintenance instruction, yaitu langkah-langkah instruksi kerja yang dikeluarkan oleh manufaktur mesin kertas. Dari data tersebut dilakukan pengurutan langkah-langkah aktivitas sesuai dengan job card, pengecekan work breakdown structure di sistem serta perbandingan pada laporan mingguan dari project manager. Dari data tersebut didapatkan aktivitas yang telah terakomodir pada delfoi, data yang terangkum dalam delfoi adalah working hours yang telah diupload oleh pekerja yang telah disesuaikan dengan jenis pekerjaan yang dilakukan. Jenis pekerjaan yang dilakukan pada proyek perbaikan rol secara umum diawali dari pemeriksaan awal, persiapan dan pembongkaran, perbaikan, pemasangan, pengetesan, pemeriksaan akhir dan pengiriman, data pekerjaan dari tiap tiap item dari WBS yang diupload ke delfoi. Dari hasil evaluasi tersebut, work breakdown structure yang lebih sesuai dengan kondisi tersebut digambarkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Work Breakdown Structure* Proyek Perbaikan Rol

Gambar 4.1 menunjukkan *work breakdown structure* proyek perbaikan rol. WBS yang telah dirancang dalam sistem dan dilakukan perencanaan penjadwalan proyek oleh sistem adalah aktivitas dalam WBS sebagai aktivitas perbaikan rol.

4.2.2 Rencana Pekerjaan Perawatan dan Pengujian Sampel Proyek

Rencana pengerjaan rol kertas ditentukan pada saat rol datang, Pada masing-masing rol kertas akan ditentukan pacarana secara customize, dengan *baseline* pekerjaan yang tercantum pada *WBS baseline*. Proyek yang akan diuji adalah proyek yang telah dilakukan perawatan di PT XYZ. Pembagian anggaran serta hasil aktual proyek pada pengujian 5 sampel proyek yang akan diuji memiliki deskripsi sebagai berikut.

Tabel 4.1 Sampel Proyek Perawatan Rol Kertas PT XYZ

Deskripsi	A	B	C	D	E
Rencana <i>Lead Time</i> (hari)	63	63	70	84	84
Rencana pelaporan (minggu)	9	9	10	12	12
<i>Lead time</i> aktual (hari)	77	91	70	98	98
Anggaran biaya (IDR)	411,440,960	304,121,719	180,593,271	370,820,680	378,888,880
Biaya aktual (IDR)	415,551,650	352,946,706	273,371,147	436,279,536	457,549,794

Data proyek didapatkan dari Manajer proyek kemudian data tersebut ditransformasikan dalam parameter *earned value management*. Rencana *lead time* dan anggaran sesuai dengan lingkup pekerjaan dan perawatan masing-masing kertas rol. Dari rencana *lead time* serta laporan Manajer proyek yang dilaporkan secara mingguan, *report EVM* diolah dengan interval mingguan. *Shipment unloading*, proses awal dimulainya proyek perawatan kertas rol dilakukan di awal minggu. *Lead time* masing-masing proyek pengujian bervariasi sesuai dengan *task* pekerjaan dan interval pelaporan dilaksanakan setiap akhir minggu dengan variasi 9 hingga 12 minggu. *Tracking* di tiap minggu memerlukan detail data dari masing-masing proyek dan breakdown aktivitas dari masing-masing WBS. *Jobcard* dari tiap aktivitas akan dihitung secara akumulatif sesuai dengan aktivitas pada WBS.

4.2.3 Penghitungan *Planned Value*

Penghitungan *planned value* dilakukan dengan menetapkan rencana anggaran masing-masing aktivitas. Pelaporan *progress* pada penelitian ini menggunakan satuan periode minggu, sesuai dengan *weekly report* para manager proyek yang dilaporkan pada manajemen dan pelanggan di akhir minggu, serta dilaporkan dalam *meeting* mingguan pada hari Senin awal minggu. *Task* kerja diurutkan sesuai dengan WBS. Masing-masing *breakdown* aktivitas dikategorikan sesuai dengan *network level* atasnya, kemudian menghitung *planned duration* serta *manhours* masing-masing aktivitas sehingga diperoleh nilai *planned value*. *Template dashboard* yang akan digunakan untuk melakukan kalkulasi *planned value* ditunjukkan dalam Tabel 4.2

Tabel 4.2 Tabel Tampilan *Planned Value*

Planned Value (PV) or Budgeted Cost of Work Scheduled (BCWS) - Project X												
Start: date		date W1	date W2	date W3	date W4	date W5	date W6	date W7	date W8	date W9	date W10	
No.	Task Name	Total Budgeted Cost (IDR)	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10
1												-
2												-
3												-
4												-
5												-
6												-
7												-
8												-
9												-
dst.												-
...												-
Total Budgeted Cost (IDR)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tipe pekerjaan perawatan pada proyek yang diuji dalam penelitian ini memiliki variasi yang berbeda sesuai dengan kebutuhan masing-masing kertas rol. Pengambilan 5 pengujian menggambarkan secara umum variasi dan model perawatan serta tipe penyelesaian yang ada di PT XYZ. Pekerjaan diawali dari

shipment unloading dilanjutkan dengan task masing-masing yang dapat berupa *washing* maupun *disassembly*, kemudian dilanjutkan metode *repair* sesuai dengan justifikasi *engineer*. Tabel 4.3 hingga **Error! Reference source not found.** menunjukkan gambaran *planned value* pada *dashboard* yang telah dicantumkan *task* dan anggaran yang direncanakan pada masing-masing proyek.

Tabel 4.3 *Planned Value* Proyek A

Planned Value (PV) or Budgeted Cost of Work Scheduled (BCWS) - Project A											
Start: 28 Agustus 2020											
No.	Task Name	Total Budgeted Cost (IDR)	4-Sep-20	11-Sep-20	18-Sep-20	25-Sep-20	2-Oct-20	9-Oct-20	16-Oct-20	23-Oct-20	30-Oct-20
			Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9
1	Shipment unloading	992,040.00	992,040	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Incoming Inspection	2,976,120.00	2,976,120	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Washing Roll	3,968,160.00	-	1,984,080	1,984,080	-	-	-	-	-	-
4	Prep and disassembly	81,121,600.00	-	-	32,448,640	48,672,960	-	-	-	-	-
5	Lathe Man	33,960,800.00	-	-	-	10,188,240	23,772,560	-	-	-	-
6	Boring milling Man	11,344,320.00	-	-	-	-	11,344,320	-	-	-	-
7	Welding Man	16,160,640.00	-	-	-	-	8,080,320	8,080,320	-	-	-
8	Lathe Man	13,584,320.00	-	-	-	-	-	13,584,320	-	-	-
9	Prep and disassembly	81,121,600.00	-	-	-	-	-	24,336,480	56,785,120	-	-
10	Assembly FWS	162,243,200.00	-	-	-	-	-	-	32,448,640	129,794,560	-
11	Final Inspection	1,984,080.00	-	-	-	-	-	-	-	992,040	992,040
12	Shipment loading	1,984,080.00	-	-	-	-	-	-	-	-	1,984,080
Total Budgeted Cost (USD)		411,440,960.00	3,968,160	1,984,080	34,432,720	58,861,200	43,197,200	46,001,120	89,233,760	130,786,600	2,976,120
Cumulative Planned Value (PV)			3,968,160	5,952,240	40,384,960	99,246,160	142,443,360	188,444,480	277,678,240	408,464,840	411,440,960

Planned value pada Tabel 4.3 menunjukkan tampilan *planned value* proyek perawatan A. Langkah pertama untuk menentukan pengisian tabel *planned value* adalah menentukan *task* yang akan dicantumkan. Pekerjaan-pekerjaan yang dicantumkan dalam *planned value* adalah kumpulan pekerjaan yang juga telah dikategorikan dalam kamus WBS.

Langkah kedua adalah menentukan anggaran masing-masing pekerjaan. Kebutuhan *manhours* pada pekerjaan *shipment unloading* dihitung dan dikonversi menjadi anggaran sebesar Rp 992.040. Maka pada *task shipment unloading* tersebut, manajer proyek menargetkan biaya pada *task* tersebut tidak boleh melebihi Rp 992.040. Setelah part dilakukan *shipment unloading*, *task* selanjutnya adalah *incoming inspection* yang dianggarkan tidak lebih dari Rp 2.976.120 dan *washing roll* Rp 3.968.160. *Task* berikutnya adalah *task preparation* dan *disassembly* yang dianggarkan sebesar Rp 81.121.600. Proses berikutnya termasuk dalam proses yang dibutuhkan dalam reparasi. Untuk proyek A, reparasi yang diperlukan adalah *lathe* dengan anggaran Rp 33.960.800, boring milling dengan anggaran Rp 11.344.320, *welding* dengan anggaran Rp 16.160.640, dan dilanjutkan lagi dengan *lathe* dengan anggaran Rp 13.584.320. Proses berikutnya dilanjutkan kembali dengan *prep and disassembly* untuk bagian yang diperlukan proses tersebut dengan anggaran Rp 81.121.600. *Task* berikutnya adalah *assembly* dengan anggaran sebesar Rp

162.243.200. Setelah *assembly* selesai, maka pekerjaan berikutnya adalah *final inspection* dan dilanjutkan dengan *shipment* dengan anggaran masing-masing *task* sebesar Rp 1.984.080.

Langkah ketiga adalah menentukan waktu pengerjaan dari masing-masing *task* tersebut. Jika *task* tersebut dilakukan lebih dari 1 minggu, maka anggaran dari *task* tersebut dibagi ke dalam beberapa minggu sesuai dengan persentase pengerjaan di tiap minggunya. *Shipment unloading* direncanakan untuk dikerjakan di minggu pertama. Washing roll dikerjakan dalam dua minggu, di minggu kedua hingga minggu ketiga. Prep and disassembly direncanakan dikerjakan di minggu ketiga dan keempat. Task *repair lathe* dikerjakan di minggu keempat dan kelima, boring milling di minggu kelima, welding di minggu kelima dan keenam, lathe di minggu keenam, prep and disassembly di minggu keenam dan ketujuh, assembly di minggu keenam dan ketujuh, final inspection di minggu kedelapan dan kesembilan, dan shipment loading di minggu kesembilan. Penentuan *task-task* tersebut masuk ke masing-masing minggu berdasarkan rencana dari *project manager* sesuai dengan rencana *lead time* yang ditargetkan. Dari hasil penentuan dan pembagian masing-masing anggaran dalam jadwal perencanaan pengerjaan dilakukanlah penghitungan anggaran untuk masing-masing minggu. Anggaran masing-masing minggu tersebut dinamakan *planned value* yang ditampilkan dalam baris “*Total Budgeted Cost (IDR)*”. *Cumulative planned value* yang diletakkan pada baris di bawahnya adalah hasil penjumlahan *planned value* di minggu tersebut dengan jumlah seluruh *planned value* di minggu sebelumnya.

Tabel 4.4 *Planned Value* Proyek B

Planned Value (PV) or Budgeted Cost of Work Scheduled (BCWS) - Project B											
Start: 11 Sept 2020		16-Sep-20	25-Sep-20	2-Oct-20	9-Oct-20	16-Oct-20	23-Oct-20	30-Oct-20	6-Nov-20	13-Nov-20	
WBS	Task Name	Total Budgeted Cost (IDR)	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9
1	Shipment unloading	992,040	992,040	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Prep and disassembly	19,840,800	-	19,840,800	-	-	-	-	-	-	-
3	Receiving Inspection	7,936,320	-	7,936,320	-	-	-	-	-	-	-
4	Washing Roll	11,904,480	-	-	11,904,480	-	-	-	-	-	-
5	Assembly	10,416,420	-	-	2,083,284	8,333,136	-	-	-	-	-
6	Lathe	4,245,100	-	-	-	1,273,530	2,971,570	-	-	-	-
7	Assembly	20,667,517	-	-	-	-	20,667,517	-	-	-	-
8	Balancing	29,760,320	-	-	-	-	-	29,760,320	-	-	-
9	Assembly	23,808,960	-	-	-	-	-	7,142,688	16,666,272	-	-
10	Lathe	5,094,120	-	-	-	-	-	-	2,547,060	2,547,060	-
11	Testrun DC, Suction rol	55,664,740	-	-	-	-	-	-	-	55,664,740	-
12	Roll grinding	53,534,222	-	-	-	-	-	-	-	53,534,222	-
13	Testrun DC, Suction rol	55,296,480	-	-	-	-	-	-	-	-	55,296,480
14	Inspection	3,968,160	-	-	-	-	-	-	-	-	3,968,160
15	Shipment packing/loadin	992,040	-	-	-	-	-	-	-	-	992,040
Total Budgeted Cost (IDR)		304,121,719	992,040	27,777,120	13,987,764	9,606,666	23,639,087	36,903,008	74,878,072	56,081,282	60,256,680
Cumulative Planned Value (PV)		992,040	992,040	28,769,160	42,756,924	52,363,590	76,002,677	112,905,685	187,783,757	243,865,039	304,121,719

Planned value pada Tabel 4.4 menunjukkan *dashboard planned value* proyek B. Langkah pertama yang dilakukan pada *planned value* proyek B sama

dengan *dashboard* proyek A, yaitu menentukan *task* yang dicantumkan dalam *dashboard planned value* sesuai dengan pekerjaan yang dirancang untuk dilakukan pada proyek B.

Langkah kedua adalah menentukan *budget* masing-masing pekerjaan. Kebutuhan *manhours* pada pekerjaan *shipment unloading* dihitung dan dikonversi menjadi anggaran sebesar Rp 992.040. Maka pada pekerjaan *shipment unloading* tersebut, manajer proyek menargetkan biaya pada pekerjaan tersebut tidak boleh melebihi Rp 992.040. Pekerjaan berikutnya adalah pekerjaan *preparation* dan *disassembly* yang dianggarkan sebesar Rp 19.840.800. Pekerjaan berikutnya adalah *receiving inspection* dengan anggaran sebesar Rp 7.936.320 dilanjutkan dengan *washing roll* yang dianggarkan sebesar Rp 11.904.480. Pekerjaan berikutnya berturut-turut adalah *assembly* dengan anggaran Rp 10.416.420, *lathe* dengan anggaran Rp 4.245.100, *assembly* dengan anggaran Rp 20.687.517, *balancing* dengan anggaran Rp 29.760.320, *assembly* dengan anggaran Rp 23.808.960, *lathe* dengan anggaran Rp 5.094.120, *testrun* dilakukan dua kali dengan anggaran Rp 55.664.720 dan Rp 55.296.480, pekerjaan *roll grinding* dengan anggaran Rp 53.534.222, *inspection* yang dianggarkan Rp 3.968.180, dan diakhiri dengan *shipment packaging* yang dianggarkan Rp 992.040.

Langkah ketiga adalah menentukan waktu pengerjaan dari masing-masing pekerjaan tersebut. Jika pekerjaan tersebut dilakukan lebih dari 1 minggu, maka anggaran dari pekerjaan tersebut dibagi ke dalam beberapa minggu sesuai dengan persentase pengerjaan di tiap minggunya. Dari hasil penentuan dan pembagian masing-masing anggaran dalam jadwal perencanaan pengerjaan dilakukanlah penghitungan anggaran untuk masing-masing minggu. Anggaran masing-masing minggu tersebut dinamakan *planned value* yang ditampilkan dalam baris “*Total Budgeted Cost (IDR)*”. *Cumulative planned value* yang diletakkan pada baris di bawahnya adalah hasil penjumlahan *planned value* di minggu tersebut dengan jumlah seluruh *planned value* di minggu sebelumnya, yaitu berjumlah Rp 304.121.719.

Tabel 4.5 *Planned Value* APU Proyek C

Planned Value (PV) or Budgeted Cost of Work Scheduled (BCWS) - Proyek C												
Start: 14 Aug 2020												
WBS	Task Name	Total Budgeted Cost (IDR)	21-Aug-20	28-Aug-20	4-Sep-20	11-Sep-20	18-Sep-20	25-Sep-20	2-Oct-20	9-Oct-20	16-Oct-20	23-Oct-20
			Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10
1	Shipment unloading	992,040	992,040	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Inspection	3,968,160	3,968,160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Cover Inspection	496,020	-	496,020	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Lathe	13,923,928	-	4,177,178	9,746,750	-	-	-	-	-	-	-
5	Prep and disassembly	5,075,921	-	-	1,015,184	4,060,737	-	-	-	-	-	-
6	Prep and gritblasting M	22,041,928	-	-	-	11,020,964	11,020,964	-	-	-	-	-
7	Cementing Man	5,648,080	-	-	-	-	5,648,080	-	-	-	-	-
8	Rubber covering Man	37,039,685	-	-	-	-	11,111,906	25,927,780	-	-	-	-
9	Electric autoclave Man	5,639,095	-	-	-	-	-	1,127,819	4,511,276	-	-	-
10	Lathe	9,042,063	-	-	-	-	-	-	4,521,032	4,521,032	-	-
11	Roll grinding	56,204,148	-	-	-	-	-	-	-	33,722,489	22,481,659	-
12	Balancing Man	19,034,143	-	-	-	-	-	-	-	-	19,034,143	-
13	Cover Inspection	496,020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	496,020
14	Shipment packing/loadin	992,040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	992,040
Total Budgeted Cost (IDR)		180,593,271	4,960,200	4,673,198	10,761,934	15,081,701	27,780,950	27,055,599	9,032,308	38,243,520	41,515,802	1,488,060
Cumulative Planned Value (PV)			4,960,200	9,633,398	20,395,332	35,477,033	63,257,983	90,313,581	99,345,889	137,589,409	179,105,211	180,593,271

Planned value pada Tabel 4.5 menunjukkan tampilan *planned value* proyek C. Langkah pertama yang dilakukan pada *planned value* proyek C sama dengan tampilan proyek sebelumnya, yaitu menentukan pekerjaan yang dicantumkan dalam tampilan *planned value* sesuai dengan pekerjaan yang dirancang untuk dilakukan pada proyek C.

Langkah kedua adalah menentukan anggaran masing-masing pekerjaan. Proyek C memiliki 14 pekerjaan yaitu *shipment unloading* dengan anggaran Rp 992.040, anggaran *inspection* dengan nilai Rp 3.968.160, anggaran pekerjaan *cover inspection* Rp 496.020, *lathe* dengan anggaran sebesar Rp 13.923.908, *prep and disassembly* sebesar Rp 5.075.921, *prep and glistblasting* sebesar Rp 22.041,928, *cementing* sebesar Rp 5.648.080, *rubber covering* sebesar RP 37.039.685, *electric autoclave* sebesar Rp 5.639.095, *lathe* sebesar Rp 9.042.063, *roll grinding* sebesar Rp 56.204.143, *balancing* sebesar Rp 19.034.143, *cover inspection* sebesar Rp 496.020, dan *shipment packing* sebesar Rp 992.040.

Langkah ketiga adalah menentukan waktu pengerjaan dari masing-masing pekerjaan tersebut. Jika pekerjaan tersebut dilakukan lebih dari 1 minggu, maka anggaran dari pekerjaan tersebut dibagi ke dalam beberapa minggu sesuai dengan persentase pengerjaan di tiap minggunya. Dari hasil penentuan dan pembagian masing-masing anggaran dalam jadwal perencanaan pengerjaan dilakukanlah penghitungan anggaran untuk masing-masing minggu. Anggaran masing-masing minggu tersebut dinamakan *planned value* yang ditampilkan dalam baris “*Total Budgeted Cost (IDR)*”. *Cumulative planned value* yang diletakkan pada baris di bawahnya adalah hasil penjumlahan *planned value* di minggu tersebut dengan

jumlah seluruh *planned value* di minggu sebelumnya, yaitu berjumlah Rp 180.593.271.

Tabel 4.6 *Planned Value* APU Proyek D

Planned Value (PV) or Budgeted Cost of Work Scheduled (BCWS) - Proyek D														
Start: 13 November 2020														
WBS	Task Name	Total Budgeted Cost (IDR)	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12
1	Shipment unloading	2,028,040	2,028,040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Inspection	3,968,160	3,968,160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Washing Roll	8,112,160	-	8,112,160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Prep and disassembly FW	16,224,320	-	4,056,080	12,168,240	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Lathe Man	6,792,160	-	-	1,358,432	5,433,728	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Welding	8,080,320	-	-	-	4,040,160	4,040,160	-	-	-	-	-	-	-
7	Lathe Man	27,168,640	-	-	-	-	27,168,640	-	-	-	-	-	-	-
8	Prep and preblasting M	10,752,160	-	-	-	-	3,225,648	7,526,512	-	-	-	-	-	-
9	Recon roll body FWS	73,009,440	-	-	-	-	-	14,601,888	58,407,552	-	-	-	-	-
10	Lathe Man	27,168,640	-	-	-	-	-	-	13,584,320	-	-	-	-	-
11	Boring milling	17,016,480	-	-	-	-	-	-	10,209,888	6,806,592	-	-	-	-
12	Welding Man	8,080,320	-	-	-	-	-	-	-	8,080,320	-	-	-	-
13	Assembly FWS	24,336,480	-	-	-	-	-	-	-	-	24,336,480	-	-	-
14	Welding	8,080,320	-	-	-	-	-	-	-	-	8,080,320	-	-	-
15	Lathe Man	81,505,920	-	-	-	-	-	-	-	-	40,752,960	40,752,960	-	-
16	Assembly FWS	40,560,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40,560,800	-	-
17	Final Inspection	3,968,160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,968,160
18	Shipment packing/badin	3,968,160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,968,160
Total Budgeted Cost (IDR)		370,820,680	5,996,200	12,168,240	13,526,672	9,473,888	34,434,448	22,128,400	71,991,872	23,794,208	14,886,912	73,169,760	81,313,760	7,936,320
Cumulative Planned Value (PV)		5,996,200	18,164,440	31,691,112	41,165,000	75,599,448	97,727,848	169,719,720	193,513,928	208,400,840	281,570,600	362,884,360	370,820,680	

Planned value pada Tabel 4.6 menunjukkan tampilan *planned value* proyek D. Langkah pertama yang dilakukan pada *planned value* proyek D sama dengan langkah pada tabel proyek sebelumnya, yaitu menentukan pekerjaan yang dicantumkan dalam tampilan *planned value* sesuai dengan pekerjaan yang dirancang untuk dilakukan pada proyek D.

Langkah kedua adalah menentukan anggaran masing-masing pekerjaan. Proyek D memiliki 18 pekerjaan dengan anggaran yang bervariasi mulai dari yang terendah yaitu pekerjaan *shipment unloading* dengan anggaran sebesar Rp 2.028.040 hingga yang tertinggi untuk *lathe* di pekerjaan ke-15 dengan anggaran sebesar Rp 40.560.800.

Langkah ketiga adalah menentukan waktu pengerjaan dari masing-masing pekerjaan tersebut. Jika pekerjaan tersebut dilakukan lebih dari 1 minggu, maka anggaran dari pekerjaan tersebut dibagi ke dalam beberapa minggu sesuai dengan persentase pengerjaan di tiap minggunya. Dari hasil penentuan dan pembagian masing-masing anggaran dalam jadwal perencanaan pengerjaan dilakukanlah penghitungan anggaran untuk masing-masing minggu. Anggaran masing-masing minggu tersebut dinamakan *planned value* yang ditampilkan dalam baris “*Total Budgeted Cost (IDR)*”. *Cumulative planned value* yang diletakkan pada baris di bawahnya adalah hasil penjumlahan *planned value* di minggu tersebut dengan jumlah seluruh *planned value* di minggu sebelumnya, yaitu berjumlah Rp 370.820.680.

Tabel 4.7 *Planned Value* Proyek E

Planned Value (PV) or Budgeted Cost of Work Scheduled (BCWS) - Proyek E														
Start: 7 Februari 2020														
WBS	Task Name	Total Budgeted Cost (IDR)	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Shipment unloading	992,040	992,040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	Incoming Inspection	3,968,160	3,968,160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	Washing Roll	8,112,160	8,112,160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	Prep and disassembly FW	16,224,320	-	16,224,320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	Lathe Man	6,792,160	-	1,698,040	5,094,120	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	Welding Man	8,080,320	-	-	1,616,064	6,464,256	-	-	-	-	-	-	-	
7	Lathe	27,168,640	-	-	-	13,584,320	13,584,320	-	-	-	-	-	-	
8	Prep and grit blasting	10,752,160	-	-	-	10,752,160	-	-	-	-	-	-	-	
9	Recon roll body FWS	73,008,440	-	-	-	-	21,902,632	51,106,608	-	-	-	-	-	
10	Lathe	27,168,640	-	-	-	-	-	5,433,728	21,734,912	-	-	-	-	
11	Boring milling	17,016,480	-	-	-	-	-	8,508,240	8,508,240	-	-	-	-	
12	Welding	8,080,320	-	-	-	-	-	-	4,848,192	3,232,128	-	-	-	
13	Assembly FWS	24,336,480	-	-	-	-	-	-	-	24,336,480	-	-	-	
14	Welding	8,080,320	-	-	-	-	-	-	-	2,424,096	5,656,224	-	-	
15	Lathe Man	81,505,920	-	-	-	-	-	-	-	-	81,505,920	-	-	
16	Assembly FWS	48,672,960	-	-	-	-	-	-	-	-	24,336,480	24,336,480	-	
17	Final Inspection	7,936,320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,936,320	-	
18	Shipment loading	992,040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	992,040	
Total Budgeted Cost (IDR)		378,888,880	13,072,360	17,922,360	6,710,184	20,048,576	46,239,312	56,540,336	30,243,152	13,356,432	29,992,704	111,498,624	32,272,800	992,040
Cumulative Planned Value (PV)			13,072,360	30,994,720	37,704,904	57,753,480	103,992,792	160,533,128	190,776,280	204,132,712	234,125,416	345,624,040	377,896,840	378,888,880

Planned value pada Tabel 4.7 menunjukkan tampilan *planned value* proyek D. Langkah pertama yang dilakukan pada *planned value* proyek D sama dengan langkah pada tampilan proyek sebelumnya, yaitu menentukan pekerjaan yang dicantumkan dalam tampilan *planned value* sesuai dengan pekerjaan yang dirancang untuk dilakukan pada proyek E.

Langkah kedua adalah menentukan anggaran masing-masing pekerjaan. Proyek E memiliki 18 pekerjaan dengan anggaran yang bervariasi mulai dari yang terendah yaitu pekerjaan *shipment unloading* dengan anggaran sebesar Rp 992.040 hingga yang tertinggi untuk *lathe* di pekerjaan urutan ke-15 dengan anggaran sebesar Rp 81.505.920.

Langkah ketiga adalah menentukan waktu pengerjaan dari masing-masing pekerjaan tersebut. Jika pekerjaan tersebut dilakukan lebih dari 1 minggu, maka anggaran dari pekerjaan tersebut dibagi ke dalam beberapa minggu sesuai dengan persentase pengerjaan di tiap minggunya. Dari hasil penentuan dan pembagian masing-masing anggaran dalam jadwal perencanaan pengerjaan dilakukanlah penghitungan anggaran untuk masing-masing minggu. Anggaran masing-masing minggu tersebut dinamakan *planned value* yang ditampilkan dalam baris “*Total Budgeted Cost (IDR)*”. *Cumulative planned value* yang diletakkan pada baris di bawahnya adalah hasil penjumlahan *planned value* di minggu tersebut dengan jumlah seluruh *planned value* di minggu sebelumnya, yaitu berjumlah Rp 378.888.880.

4.2.4 Penghitungan *Earned Value*

Penghitungan *earned value* dilakukan dengan mencatat persentase *progress* yang telah dilakukan pada masing-masing aktivitas pada periode tertentu.

Earned value adalah persentase *progress* pekerjaan yang dikalikan dengan nilai anggaran per aktivitas. *Template dashboard earned value* ditunjukkan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Tampilan Tabel *Earned Value*

Cumulative Earned Value (EV) - Project X													
Start: date			date W1	date W2	date W3	date W4	date W5	date W6	date W7	date W8	date W9	date W10	
WBS	Task Name	Total Budgeted Cost (USD)	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	
1	A	Rp -	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%
2	B	Rp -	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%
3	C	Rp -	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%
4	D	Rp -	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%
5	E	Rp -	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%
6	F	Rp -	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%
7	G	Rp -	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%
8	H	Rp -	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%
9	I	Rp -	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%	X%
Cumulative EV			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Jumlah aktivitas yang telah direncanakan serta dikerjakan oleh produksi dikelompokkan berdasarkan kategori pekerjaan di WBS, lalu dihitung progressnya dan ditempatkan sesuai dengan periode selesainya pekerjaan. Pada proyek yang sedang berjalan, *earned value* dapat dihitung sampai dengan periode terakhir pengerjaan atau pada periode yang ingin dilakukan pengecekan parameter-parameter *earned value*. Tabel 4.9 hingga Tabel 4.13 menunjukkan *earned value* dengan akumulasi seluruh aktivitas yang telah selesai dikerjakan.

Tabel 4.9 *Earned Value* Proyek A

Cumulative Earned Value (EV) - Proyek A													
Induction: 28 Agustus 2020			4-Sep-20	11-Sep-20	18-Sep-20	25-Sep-20	2-Oct-20	9-Oct-20	16-Oct-20	23-Oct-20	30-Oct-20	6-Nov-20	13-Nov-20
WBS	Task Name	Total Budgeted Cost (IDR)	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11
1	Shipment unloading	992,040.00	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2	Incoming Inspection	2,976,120.00	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3	Washing Roll	3,988,160.00	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
4	Prep and disassembly	81,121,600.00	0%	0%	10%	40%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
5	Lathe Man	33,960,800.00	0%	0%	0%	0%	20%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
6	Boring milling Man	11,344,320.00	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
7	Welding Man	16,160,640.00	0%	0%	0%	0%	0%	60%	100%	100%	100%	100%	100%
8	Lathe Man	13,584,320.00	0%	0%	0%	0%	0%	40%	100%	100%	100%	100%	100%
9	Prep and disassembly	81,121,600.00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%
10	Assembly FWS	162,243,200.00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%
11	Final Inspection	1,984,080.00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	100%
12	Shipment loading	1,984,080.00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	100%
Cumulative EV			3,968,160	5,952,240	16,048,480	40,384,960	95,850,080	144,059,424	155,957,408	204,668,800	326,351,200	408,663,248	411,440,960

Langkah pertama untuk mengisi *dashboard earned value* adalah menyesuaikan aktivitas pada *task name* serta *total budgeted cost* sesuai dengan *dashboard* pada *planned value*. Kemudian melanjutkan pengisian *progress* pada masing-masing pekerjaan sesuai aktual pekerjaan. Pada Tabel 4.9 terlihat bahwa pekerjaan *shipment unloading* dan *incoming inspection* selesai dikerjakan di minggu pertama, kemudian *washing roll* dikerjakan dan selesai di minggu ketiga, sesuai dengan *planned value* yang telah dipaparkan sebelumnya. *Planned value*

proyek A adalah 9 minggu, sedangkan *earned value* proyek A menjadi 11 minggu. Hal ini menandakan bahwa proyek mengalami keterlambatan selama 2 minggu. *Earned value* per minggu dihitung dengan menjumlahkan perkalian antara *progress* pada periode minggu yang akan dihitung dengan *total budgeted cost*.

Tabel 4.10 *Earned Value* Proyek B

Cumulative Earned Value (EV) - Proyek B															
Start: 11 Sept 2020															
WBS	Task Name	Total Budgeted Cost (IDR)	18-Sep-20	25-Sep-20	2-Oct-20	9-Oct-20	16-Oct-20	23-Oct-20	30-Oct-20	6-Nov-20	13-Nov-20	20-Nov-20	27-Nov-20	4-Dec-20	11-Dec-20
			Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13
1	Shipment unloading	992,040	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2	Prep and disassembly	19,840,800	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3	Receiving Inspection	7,936,320	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
4	Washing Roll	11,904,480	0%	0%	0%	0%	20%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
5	Assembly	10,416,420	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
6	Lathe	4,245,100	0%	0%	0%	0%	0%	60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
7	Assembly	20,627,517	0%	0%	0%	0%	0%	0%	40%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
8	Balancing	29,760,320	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%
9	Assembly	23,808,960	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%
10	Lathe	5,094,120	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	100%	100%	100%
11	Testrun DC, Suction rol	55,664,740	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%
12	Roll grinding	53,534,222	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%
13	Testrun DC, Suction rol	55,236,480	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%
14	Inspection	3,968,160	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
15	Shipment packing/loadinG	992,040	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Cumulative EV			992,040	10,912,440	21,626,472	24,007,368	31,150,056	53,637,120	63,602,167	90,882,837	117,667,477	131,100,193	217,097,928	271,513,279	304,121,719

Langkah pertama untuk mengisi tampilan fitur *earned value* adalah menyesuaikan asktivitas pada *task name* serta *total budgeted cost* sesuai dengan *dashboard* pada *planned value*. Kemudian melanjutkan pengisian *progress* pada masing-masing proyek sesuai aktual pekerjaan. Pada Tabel 4. terlihat bahwa pekerjaan *shipment unloading* selesai dikerjakan di minggu pertama, kemudian dilanjutkan *preparation and disassembly* untuk selanjutnya bisa dilakukan *inspection* dan selesai di minggu keenam, sesuai dengan *planned value* yang telah dipaparkan sebelumnya. *Planned value* proyek B adalah 9 minggu, sedangkan *earned value* proyek B menjadi 13 minggu. Hal ini menandakan bahwa proyek mengalami keterlambatan selama 4 minggu. *Earned value* per minggu dihitung dengan menjumlahkan perkalian antara *progress* pada periode minggu yang akan dihitung dengan *total budgeted cost*. dan pengerjaan terlihat telah selesai seluruhnya 100% pada minggu ke-13 sehingga *earned value* telah mencapai sebesar Rp 304.121.719.

Tabel 4.11 *Earned Value* Proyek C

Cumulative Earned Value (EV) - Proyek C			Start: 14 Aug 2020									
WBS	Task Name	Total Budgeted Cost (IDR)	21-Aug-20	28-Aug-20	4-Sep-20	11-Sep-20	18-Sep-20	25-Sep-20	2-Oct-20	9-Oct-20	16-Oct-20	23-Oct-20
			Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10
1	Shipment unloading	992,040	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2	Inspection	3,968,160	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3	Cover Inspection	496,020	30%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
4	Lathe	13,923,928	10%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
5	Prep and disassembly	5,075,921	0%	60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
6	Prep and gritblasting M	22,041,928	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
7	Cementing Man	5,648,080	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
8	Rubber covering Man	37,039,685	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%
9	Electric autoclave Man	5,639,095	0%	0%	0%	0%	0%	60%	100%	100%	100%	100%
10	Lathe	9,042,063	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%
11	Roll grinding	56,204,148	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%
12	Balancing Man	19,034,143	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%
13	Cover Inspection	496,020	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
14	Shipment packing/loading	992,040	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Cumulative EV			6,501,399	22,425,701	35,477,033	52,146,077	70,665,920	92,569,219	103,866,920	160,071,068	179,105,211	180,593,271

Langkah-langkah yang dilakukan untuk pengisian *dashboard* pada proyek C sama dengan langkah-langkah yang dilakukan pada *dashboard earned value* proyek sebelumnya. Pada Tabel 4.11 terlihat bahwa pekerjaan *shipment unloading* selesai dikerjakan di minggu pertama, kemudian dilanjutkan inspection, sesuai dengan *planned value* yang telah dipaparkan sebelumnya. *Planned value* proyek C adalah 10 minggu dan *earned value* proyek C berjumlah 10 minggu. Hal ini menandakan bahwa proyek selesai sesuai dengan perencanaan. *Earned value* per minggu dihitung dengan menjumlahkan perkalian antara *progress* pada periode minggu yang akan dihitung dengan *total budgeted cost*.

Tabel 4.12 *Earned Value* Proyek D

Cumulative Earned Value (EV) - Proyek D			Start: 13 November 2020													
WBS	Task Name	Total Budgeted Cost (IDR)	20-Nov-20	27-Nov-20	4-Dec-20	11-Dec-20	18-Dec-20	25-Dec-20	1-Jan-21	8-Jan-21	15-Jan-21	22-Jan-21	29-Jan-21	5-Feb-21	12-Feb-21	19-Feb-21
			Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14
1	Shipment unloading	2,028,040	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2	Inspection	3,968,160	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3	Washing Roll	8,112,160	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
4	Prep and disassembly FW	16,224,320	10%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
5	Lathe Man	6,792,160	0%	40%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
6	Welding	8,080,320	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
7	Lathe Man	27,168,640	0%	0%	40%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
8	Prep and gritblasting M	10,752,160	0%	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
9	Recon roll body FWS	73,009,440	0%	0%	0%	0%	0%	60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
10	Lathe Man	27,168,640	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
11	Boring milling	17,016,480	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
12	Welding Man	8,080,320	0%	0%	0%	0%	0%	0%	60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
13	Assembly FWS	24,336,480	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	45%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
14	Welding	8,080,320	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
15	Lathe Man	81,505,920	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	60%	100%	100%	100%	100%
16	Assembly FWS	40,560,800	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	100%	100%	100%
17	Final Inspection	3,968,160	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
18	Shipment packing/loading	3,968,160	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Cumulative EV			15,730,792	33,049,544	41,165,000	56,072,616	77,749,880	126,931,624	205,168,712	219,352,256	237,585,512	265,269,416	289,721,192	334,491,800	362,884,360	370,820,680

Langkah-langkah yang dilakukan untuk pengisian *dashboard* pada proyek D sama dengan langkah-langkah yang dilakukan pada *dashboard earned value* sebelumnya. Pada Tabel 4.12 pengerjaan *shipment unloading*, *inspection*, dan *washing roll* selesai dilakukan di minggu pertama, *lathe* aktivitas pertama selesai di minggu ketiga, *welding* selesai di minggu keempat, dan seterusnya dilanjutkan dengan aktivitas berikutnya hingga shipment loading di minggu ke-14. *Earned value* dihitung dengan menjumlahkan perkalian antara *progress* pada periode minggu yang akan dihitung dengan *total budgeted cost* dengan nilai di minggu pertama sebesar Rp 15.730.792, lebih besar dari *planned value* karena task

inspection, washing roll, dan disassembly telah dimulai di minggu pertama, lebih cepat dari perencanaan.

Tabel 4.13 *Earned Value* Proyek E

Cumulative Earned Value (EV) - Proyek E																															
Start: 7 Februari 2020																															
WBS	Task Name	Total Budgeted Cost (IDR)	14-Feb-20		21-Feb-20		28-Feb-20		6-Mar-20		13-Mar-20		20-Mar-20		27-Mar-20		3-Apr-20		10-Apr-20		17-Apr-20		24-Apr-20		1-May-20		8-May-20		15-May-20		
			Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	Week	
1	Shipment unloading	992.040	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
2	Incoming Inspection	3.968.160	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
3	Washing Roll	8.112.160	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
4	Prep and disassembly FW	16.234.320	10%	60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
5	Lathe Man	6.792.160	0%	0%	40%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
6	Welding Man	8.080.320	0%	0%	0%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
7	Lathe	27.168.640	0%	0%	0%	40%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
8	Prep and grit blasting	10.762.160	0%	0%	0%	20%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
9	Recon roll body FWS	73.009.440	0%	0%	0%	0%	0%	0%	60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
10	Lathe	27.168.640	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
11	Boring milling	17.016.480	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
12	Welding	8.080.320	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
13	Assembly FWS	24.336.480	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	45%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
14	Welding	8.080.320	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
15	Lathe Man	81.568.320	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
16	Assembly FWS	48.672.960	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	30%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
17	Final Inspection	7.936.320	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
18	Shipment loading	992.040	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Cumulative EV			14.694.732	22.806.952	32.013.544	53.146.888	76.713.880	125.895.624	204.132.712	218.316.256	236.549.512	264.233.416	288.685.192	335.889.448	369.960.520	378.888.880															

Langkah-langkah yang dilakukan untuk pengisian *dashboard* pada proyek E sama dengan Tabel 4.13 pengerjaan shipment unloading, inspection, dan washing roll selesai dilakukan di minggu pertama, disassembly dilakukan di minggu pertama dan selesai di minggu ketiga, lathe dimulai di minggu ketiga dan selesai di minggu keempat, dan seterusnya dilanjutkan dengan aktivitas berikutnya hingga shipment loading di minggu ke-14. *Earned value* dihitung dengan menjumlahkan perkalian antara *progress* pada periode minggu yang akan dihitung dengan *total budgeted cost* dengan nilai di minggu pertama sebesar Rp 14.694.732, lebih besar dari *planned value* karena aktivitas *disassembly* telah dimulai di minggu pertama, lebih cepat dari perencanaan.

Earned value yang ditunjukkan dalam Tabel 4.9 hingga Tabel 4.13 adalah nilai aktual *progress* masing-masing proyek yang telah selesai dikerjakan. Cuplikan ringkasan perbandingan *earned value* dan *planned value* pada masing-masing proyek dari minggu kesatu hingga minggu keenam ditunjukkan dalam Tabel 4.14

Tabel 4.14 Perbandingan *Cumulative Planned Value* dan *Cumulative Earned Value* Minggu Kesatu Hingga Minggu Keenam

No.	Proyek	<i>Cumulative Planned Value (PV) dan Cumulative Earned Value (EV) dalam IDR</i>					
		<i>Week 1</i>		<i>Week 2</i>		<i>Week 3</i>	
		PV	EV	PV	EV	PV	EV
1	A	3.968.160	3.968.160	5.952.240	5.952.240	40.384.960	16.048.080
2	B	992.040	992.040	28.769.160	10.912.440	42.756.924	21.626.472
3	C	4.960.200	6.501.399	9.633.398	22.425.701	20.395.332	35.477.033
4	D	5.996.200	15.730.792	18.164.440	33.049.544	31.691.112	41.165.000
5	E	13.072.360	14.694.792	30.994.720	22.806.952	37.704.904	32.013.544

No	Proyek	Week 4		Week 5		Week 6	
		PV	EV	PV	EV	PV	EV
		1	A	99.246.160	40.384.960	142.443.360	95.850.000
2	B	52.363.590	24.007.368	76.002.677	31.150.056	112.905.685	53.637.120
3	C	35.477.033	52.146.077	63.257.983	70.665.920	90.313.581	92.569.219
4	D	41.165.000	56.072.616	75.599.448	77.749.880	97.727.848	126.931.624
5	E	57.753.480	53.146.888	103.992.792	76.713.880	160.533.128	125.895.624

Pada minggu pertama, *progress* proyek seluruh proyek menunjukkan bahwa pengerjaan proyek dilakukan sama atau lebih cepat dari perencanaan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai $EV > PV$. Pada minggu kedua, proyek B dan E mulai terlihat menunjukkan *progress* yang lebih lambat dari perencanaan, ditandai dengan nilai $EV < PV$. Pada minggu ke-4, terlihat proyek A, B, dan E mengalami keterlambatan pelaksanaan sedangkan proyek C dan D masih masuk dalam batas rencana. Pada minggu keenam, kondisi proyek masih sama dengan minggu keempat dan terlihat tidak ada perbaikan pada proyek A, B, maupun E. Saat nilai $EV < PV$, maka *project manager* dapat melakukan pengajuan inisiatif-inisiatif untuk melakukan *recover* terhadap proyek.

4.2.5 Actual Cost

Actual cost merupakan biaya yang telah diserap masing-masing aktivitas pada satu periode, gabungan antara biaya *manhours* serta material yang diserap masing-masing proyek. Terdapat tiga besaran pembagian biaya pada proyek proyek perbaikan ROL, yaitu *manhours*, pengadaan material, serta biaya penyusutan pengerjaan dengan mesin. Dari tiga macam biaya tersebut, kemudian dihitung dan

ditempatkan pada masing-masing aktivitas, dan dicatat sesuai dengan periode terserapnya biaya.

Tabel 4.15 Tampilan Tabel *Actual Cost*

Actual Cost (AC) of Work Performed - Project X													
Start: date	date	date	date	date	date	date	date	date	date	date	date	date	
WBS	Task Name	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12
1	A	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp
2	B	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp
3	C	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp
4	D	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp
5	E	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp
6	F	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp
7	G	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp
8	H	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp
9	I	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp
10	J	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp
....		Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp	Rp
Total Actual Cost per period (IDR)													
Cumulative Actual Cost (IDR)													

Tabel 4.15 menunjukkan tampilan tabel yang perlu diisi untuk penentuan *actual cost* yang telah diserap dalam satu minggunya. Tabel 4.16 hingga Tabel 4.20 menunjukkan hasil pengisian *dashboard actual cost* pada kelima proyek perawatan kertas rol.

Tabel 4.16 *Actual Cost* Proyek A

Actual Cost (AC) of Work Performed - Project A												
Induction: 28 Agustus 2020		4-Sep-20	11-Sep-20	18-Sep-20	25-Sep-20	2-Oct-20	9-Oct-20	16-Oct-20	23-Oct-20	30-Oct-20	6-Nov-20	13-Nov-20
WBS	Task Name	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11
1	Shipment unloading	1,889,836	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Incoming Inspection	3,968,160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Washing Roll	-	2,033,682	2,033,682	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Prep and disassembly	-	-	8,248,039	32,992,155	41,240,193	-	-	-	-	-	-
5	Lathe Man	-	-	-	-	6,558,680	26,234,718	-	-	-	-	-
6	Boring milling Man	-	-	-	-	-	10,688,477	-	-	-	-	-
7	Welding Man	-	-	-	-	-	9,485,791	6,323,860	-	-	-	-
8	Lathe Man	-	-	-	-	-	-	5,340,336	8,010,504	-	-	-
9	Prep and disassembly	-	-	-	-	-	-	-	39,992,949	39,992,949	-	-
10	Assembly FWS	-	-	-	-	-	-	-	-	82,399,265	82,399,265	-
11	Final Inspection	-	-	-	-	-	-	-	-	-	940,454	2,194,392
12	Shipment loading	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,584,264
Total Actual Cost per period (IDR)		5,857,996	2,033,682	10,281,721	32,992,155	47,798,873	46,408,985	11,664,196	48,003,453	122,392,214	83,339,719	4,778,657
Cumulative Actual Cost (IDR)		5,857,996	7,891,678	18,173,399	51,165,554	98,964,427	145,373,412	157,037,608	205,041,060	327,433,274	410,772,994	415,551,650

Pengisian *dashboard actual cost* dimulai dari pekerjaan *shipment unloading*. Data biaya *shipment unloading* pada Tabel 4.16 menunjukkan biaya *manhours* yang terserap sebesar Rp 1.889.836. *Incoming inspection* selesai di minggu kedua dengan biaya sebesar Rp 3.968.160. Pekerjaan yang berkategori *washing roll* dikerjakan di minggu kedua dan minggu ketiga dengan biaya di masing-masing minggu sebesar Rp 2.033.682. Pekerjaan berlanjut di minggu-minggu berikutnya hingga selesai di minggu ke-11. Total biaya aktual proyek A sebesar Rp 415.551.650.

Tabel 4.17 Actual Cost Proyek B

Actual Cost (AC) of Work Performed - Project B														
Start: 11 Sept 2020		18-Sep-20	25-Sep-20	2-Oct-20	9-Oct-20	16-Oct-20	23-Oct-20	30-Oct-20	6-Nov-20	13-Nov-20	20-Nov-20	27-Nov-20	4-Dec-20	11-Dec-20
WBS	Task Name	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13
1	Shipment unloading	1,889,836	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Prep and disassembly	-	28,297,941	28,297,941	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Receiving Inspection	-	-	1,091,244	4,364,976	3,273,732	2,182,488	-	-	-	-	-	-	-
4	Washing Roll	-	-	-	-	4,702,270	7,053,404	-	-	-	-	-	-	-
5	Assembly	-	-	-	-	-	23,938,164	-	-	-	-	-	-	-
6	Lathe	-	-	-	-	-	4,150,010	1,037,502	-	-	-	-	-	-
7	Assembly	-	-	-	-	-	-	13,392,540	-	-	-	-	-	-
8	Balancing	-	-	-	-	-	-	-	13,392,540	-	-	-	-	-
9	Assembly	-	-	-	-	-	-	-	19,595,311	8,397,990	-	-	-	-
10	Lathe	-	-	-	-	-	-	-	-	6,532,583	15,242,695	-	-	-
11	Testrun DC, Suction rol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,021,092	4,715,882	-	-
12	Roll grinding	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54,541,848	-	-
13	Testrun DC, Suction rol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64,249,012	-
14	Inspection	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,560,300
15	Shipment packing/loading	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,072,324
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,984,080
Total Actual Cost per period (IDR)		1,889,836	28,297,941	29,389,185	4,364,976	7,976,002	37,294,066	14,430,043	32,987,851	14,930,574	17,263,787	59,257,729	64,249,012	40,616,704
Cumulative Actual Cost (IDR)		1,889,836	30,187,777	59,576,962	63,941,938	71,917,940	109,212,006	123,642,049	156,629,900	171,560,473	188,824,260	248,081,990	312,331,002	352,947,706

Pengisian *dashboard actual cost* dimulai dari pekerjaan *shipment unloading*. Data biaya *shipment unloading* pada Tabel 4.17 menunjukkan biaya *manhours* yang terserap sebesar Rp 1.889.836. *Receiving inspection* dimulai di minggu ketiga hingga selesai di minggu keenam dengan biaya di minggu ketiga sebesar Rp 1.091.244, biaya minggu keempat sebesar Rp 4.364.678, biaya minggu kelima sebesar Rp 3.273.732, dan di minggu kelima dan keenam dengan biaya sebesar Rp 4.702.270 di minggu kelima dan Rp 7.053.404 di minggu keenam. Pekerjaan berlanjut di minggu-minggu berikutnya hingga selesai di minggu ke-13. Total biaya aktual proyek B sebesar Rp 352.947.706.

Tabel 4.18 Actual Cost Proyek C

Actual Cost (AC) of Work Performed - Project C											
Start: 14 Aug 2020		21-Aug-20	28-Aug-20	4-Sep-20	11-Sep-20	18-Sep-20	25-Sep-20	2-Oct-20	9-Oct-20	16-Oct-20	23-Oct-20
WBS	Task Name	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10
1	Shipment unloading	1,488,060	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Inspection	8,481,942	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Cover Inspection	446,418	1,041,642	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Lathe	1,360,555	12,244,991	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Prep and disassembly	-	6,562,344	4,374,896	-	-	-	-	-	-	-
6	Prep and gritblasting M	-	-	10,348,954	10,348,954	-	-	-	-	-	-
7	Cementing Man	-	-	-	9,178,130	-	-	-	-	-	-
8	Rubber covering Man	-	-	-	-	19,891,832	19,891,832	-	-	-	-
9	Electric autoclave Man	-	-	-	-	-	3,283,009	2,188,673	-	-	-
10	Lathe	-	-	-	-	-	-	12,098,535	-	-	-
11	Roll grinding	-	-	-	-	-	-	-	106,894,784	-	-
12	Balancing Man	-	-	-	-	-	-	-	-	38,781,418	-
13	Cover Inspection	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,480,100
14	Shipment packing/loading	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,984,080
Total Actual Cost per period (IDR)		11,776,975	19,848,977	14,723,850	19,527,084	19,891,832	23,174,841	14,287,208	106,894,784	38,781,418	4,464,180
Cumulative Actual Cost (IDR)		11,776,975	31,625,951	46,349,801	65,876,885	85,768,717	108,943,558	123,230,766	230,125,550	268,906,967	273,371,147

Pengisian *dashboard actual cost* dimulai dari pekerjaan *shipment unloading*. Data biaya *shipment unloading* pada Tabel 4.18 menunjukkan biaya *manhours* yang terserap sebesar Rp 1.488.060. Pekerjaan tersebut selesai di minggu pertama. Pekerjaan dilanjutkan dengan *inspection* kemudian dilanjutkan dengan *cover inspection*. *Cover inspection* dikerjakan di minggu pertama dan kedua dengan biaya di minggu pertama sebesar Rp 446.418 dan di minggu kedua sebesar Rp 1.041.642. Aktivitas *lathe* dilakukan di minggu pertama dan kedua, dengan biaya

di minggu pertama sebesar Rp 1.360.555 dan di minggu kedua sebesar Rp 12.244.991. Biaya aktual dimasukkan di dalam tabel tersebut sesuai dengan aktivitas pekerjaan tersebut dilakukan dan biaya yang terserap di minggu tersebut. Pekerjaan berlanjut di minggu-minggu berikutnya hingga selesai di minggu ke-10. Total biaya aktual proyek C sebesar Rp 273.371.147.

Tabel 4.19 *Actual Cost* Proyek D

Actual Cost (AC) of Work Performed - Project D															
Start: 13 November 2020															
WBS	Task Name	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14
1	Shipment unloading	6,084,120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Inspection	2,976,120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Washing Roll	8,365,665	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Prep and disassembly FW	4,466,758	40,200,823	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Lathe Man	-	4,109,257	6,163,885	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Welding	-	-	5,309,023	5,309,023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Lathe Man	-	-	-	11,176,499	16,764,749	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Prep and gritblasting M	-	-	-	-	6,585,698	6,585,698	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Recon roll body FWS	-	-	-	-	-	53,248,218	35,498,812	-	-	-	-	-	-	-
10	Lathe Man	-	-	-	-	-	-	31,753,348	-	-	-	-	-	-	-
11	Boring milling	-	-	-	-	-	-	13,365,027	-	-	-	-	-	-	-
12	Welding Man	-	-	-	-	-	-	8,961,580	5,974,387	-	-	-	-	-	-
13	Assembly FWS	-	-	-	-	-	-	-	11,019,862	13,468,721	-	-	-	-	-
14	Welding	-	-	-	-	-	-	-	-	6,067,815	4,045,210	-	-	-	-
15	Lathe Man	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,980,570	47,961,140	7,993,523	-	-
16	Assembly FWS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,133,940	25,979,192	-	-
17	Final Inspection	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,134,728
18	Shipment packing/loading	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,996,145
Total Actual Cost per period (IDR)		21,892,663	44,310,080	11,472,908	16,485,522	23,350,447	59,833,916	89,578,767	16,994,249	19,536,536	28,025,780	47,961,140	19,127,463	25,979,192	11,730,873
Cumulative Actual Cost (IDR)		21,892,663	66,202,743	77,675,651	94,161,173	117,511,620	177,345,536	266,924,303	283,918,552	303,455,088	331,480,868	379,442,008	398,569,471	424,548,663	436,279,536

Pengisian *dashboard actual cost* dimulai dari pekerjaan *shipment unloading*. Data biaya *shipment unloading* pada Tabel 4.19 menunjukkan biaya *manhours* yang terserap sebesar Rp 6.084.120. Pekerjaan tersebut selesai di minggu pertama. Pekerjaan dilanjutkan dengan *inspection* kemudian dilanjutkan dengan *washing roll*. *Inspection* dan *washing roll* dilakukan di minggu pertama. Pekerjaan dilanjutkan dengan disassembly yang dilakukan selama dua minggu, di minggu pertama dengan biaya sebesar Rp 4.466.758 dan dilakukan di minggu kedua dengan biaya sebesar Rp 40.200.823. Biaya aktual dimasukkan di dalam tabel tersebut sesuai dengan aktivitas pekerjaan tersebut dilakukan dan biaya yang terserap di minggu tersebut. Pekerjaan berlanjut di minggu-minggu berikutnya hingga selesai di minggu ke-14. Total biaya aktual proyek D sebesar Rp 436.279.536.

Tabel 4.20 Actual Cost Proyek E

Actual Cost (AC) of Work Performed - Project E															
Start: 7 Februari 2020															
WBS	Task Name	14-Feb-20	21-Feb-20	28-Feb-20	6-Mar-20	13-Mar-20	20-Mar-20	27-Mar-20	3-Apr-20	10-Apr-20	17-Apr-20	24-Apr-20	1-May-20	8-May-20	15-May-20
		Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14
1	Shipment unloading	2.951.319	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Incoming Inspection	2.978.120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Washing Roll	7.909.356	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Prep and disassembly FW	6.895.336	34.476.680	27.581.344	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Lathe Man	-	-	3.650.786	5.476.179	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Welding Man	-	-	-	3.181.626	3.181.626	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Lathe	-	-	-	11.037.260	16.555.890	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Prep and grit blasting	-	-	-	3.021.357	4.532.035	7.553.392	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Recon roll body FWS	-	-	-	-	-	49.476.064	32.984.043	-	-	-	-	-	-	-
10	Lathe	-	-	-	-	-	-	28.886.880	-	-	-	-	-	-	-
11	Boring milling	-	-	-	-	-	-	17.122.833	-	-	-	-	-	-	-
12	Welding	-	-	-	-	-	-	4.848.192	3.232.128	-	-	-	-	-	-
13	Assembly FWS	-	-	-	-	-	-	-	13.689.270	16.731.330	-	-	-	-	-
14	Welding	-	-	-	-	-	-	-	4.911.825	3.274.550	-	-	-	-	-
15	Lathe Man	-	-	-	-	-	-	-	-	24.954.820	24.954.820	33.273.094	-	-	-
16	Assembly FWS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.829.205	32.268.144	-	-
17	Final Inspection	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.184.330	-
18	Shipment loading	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.968.160
Total Actual Cost (IDR)		20.732.131	34.476.680	31.232.130	22.716.422	24.269.551	57.029.456	83.821.748	16.921.398	21.643.155	28.229.370	24.954.820	47.102.299	32.268.144	12.152.490
Cumulative Actual Cost (IDR)		20.732.131	55.208.811	86.440.941	109.157.363	133.426.914	190.456.371	274.278.118	291.199.516	312.842.671	341.072.041	366.026.861	413.129.160	445.397.304	457.549.794

Pengisian *dashboard actual cost* dimulai dari pekerjaan *shipment unloading*. Data biaya *shipment unloading* pada Tabel 4.20 menunjukkan biaya *manhours* yang terserap sebesar Rp 2.951.319. Pekerjaan tersebut selesai di minggu pertama. Pekerjaan dilanjutkan dengan *inspection* kemudian dilanjutkan dengan *washing roll*. *Inspection* dan *washing roll* dilakukan di minggu pertama. Pekerjaan dilanjutkan dengan *disassembly* yang dilakukan selama tiga minggu, di minggu pertama dengan biaya sebesar Rp 6.895.336, di minggu kedua dikerjakan dengan biaya sebesar Rp 34.476.680, dan di minggu ketiga pekerjaan *disassembly* diselesaikan dengan biaya sebesar Rp 27.581.344. Biaya aktual dimasukkan di dalam tabel tersebut sesuai dengan aktivitas pekerjaan tersebut dilakukan dan biaya yang terserap di minggu tersebut. Pekerjaan berlanjut di minggu-minggu berikutnya hingga selesai di minggu ke-14. Total biaya aktual proyek E sebesar Rp 457.549.794.

Total actual cost adalah penjumlahan biaya masing-masing periode sedangkan *cumulative actual cost* adalah penjumlahan biaya dari periode 1 hingga periode dihitungnya *cumulative actual cost*. Tabel perbandingan *cumulative planned value*, *earned value*, dan *actual cost* ditunjukkan dalam Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Perbandingan *Cumulative Planned Value, Earned Value, Actual Cost*

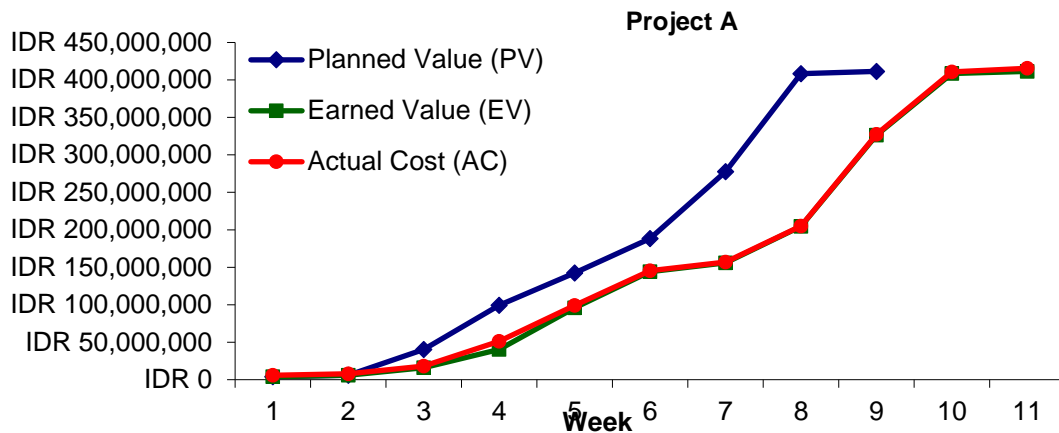
Proyek	<i>Cumulative Planned Value (PV), Cumulative Earned Value (EV), dan Cumulative Actual Cost dalam IDR (x1.000.000)</i>								
	Week 1			Week 2			Week 3		
	PV	EV	AC	PV	EV	AC	PV	EV	AC
A	3,968	3,968	5,857	5,952	5,952	7,891	40,384	16,048	18,173
B	0,992	0,992	1,889	28,769	10,912	30,187	42,756	21,626	59,576
C	4,960	6,501	11,776	9,633	22,425	31,625	20,395	35,477	46,349
D	5,996	15,730	21,892	18,164	33,049	66,202	31,691	41,165	77,675
E	13,072	14,694	20,732	30,994	22,806	55,208	37,704	32,013	86,440

Proyek	Week 4			Week 5			Week 6		
	PV	EV	AC	PV	EV	AC	PV	EV	AC
A	99,246	40,384	51,165	142,443	95,850	98,964	188,444	144,059	145,373
B	52,363	24,007	63,941	76,002	31,150	71,917	112,905	53,637	109,212
C	35,477	52,146	65,876	63,257	70,665	85,768	90,313	92,569	108,943
D	41,165	56,072	94,161	75,599	77,749	117,511	97,727	126,931	177,345
E	57,753	53,146	109,157	103,992	76,713	133,426	160,533	125,895	190,456

Pada prinsipnya, *earned value* dapat menunjukkan status aktual dari suatu proyek dibandingkan dengan jadwal perencanaan, apakah proyek tersebut terlambat, sesuai dengan jadwal, ataukah lebih cepat dari rencana. *Actual cost* dapat menunjukkan status sekaligus nilai biaya proyek, apakah *overbudget*, *underbudget*, atau sesuai dengan anggaran. Tabel 4.21 menunjukkan, pada minggu pertama, anggaran proyek telah melebihi anggaran biaya di minggu tersebut, namun *earned value* juga melebihi *planned value*, hal ini menandakan bahwa biaya aktual yang terserap juga ditambahkan dari progress pelaksanaan proyek yang dilakukan lebih dulu sebelum waktunya. Selama biaya aktual tersebut tidak melampaui total anggaran proyek secara keseluruhan, maka proses monitoring tetap dapat dilanjutkan. Hal yang berbeda ketika $EV < PV$, namun $AC > EV$, seperti pada proyek B di minggu kedua. Nilai PV sebesar Rp 28.769.160 USD, EV sebesar Rp 10.912.440, dan AC sebesar Rp 30.187.777. Pada waktu tersebut, *progress* proyek masih *behind schedule* ($EV < PV$), namun biaya aktual telah melewati batas ($AC > EV$), maka manajer proyek perlu melakukan inisiatif-inisiatif yang dapat mencegah proyek melampaui *lead time* yang direncanakan. Pada *dashboard monitoring* yang diusulkan ini, terdapat grafik *earned value* untuk mempermudah pelaporan suatu proyek yang terdiri atas *planned value*, *earned value*, dan *actual cost*.

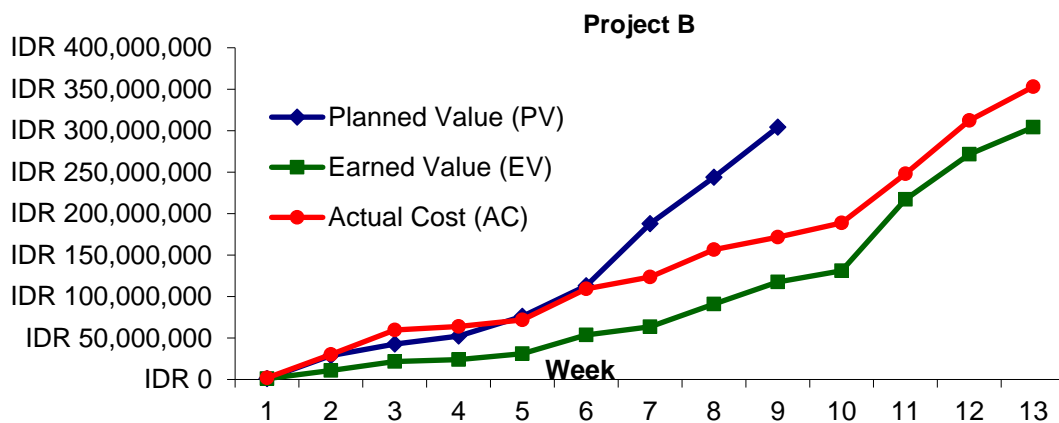
4.2.6 Grafik Earned Value

Subbab ini menjelaskan tentang grafik *earned value* sebagai bagian dari *dashboard monitoring* proyek yang berisikan kurva *planned value*, *earned value*, dan *actual cost*. Pada subbab ini akan ditampilkan kurva *planned value* sesuai dengan rencana masing-masing proyek dan cuplikan status *earned value* dan *actual cost* hingga minggu ke-6.



Gambar 4.2 Grafik *Earned Value* Proyek A Minggu ke-6

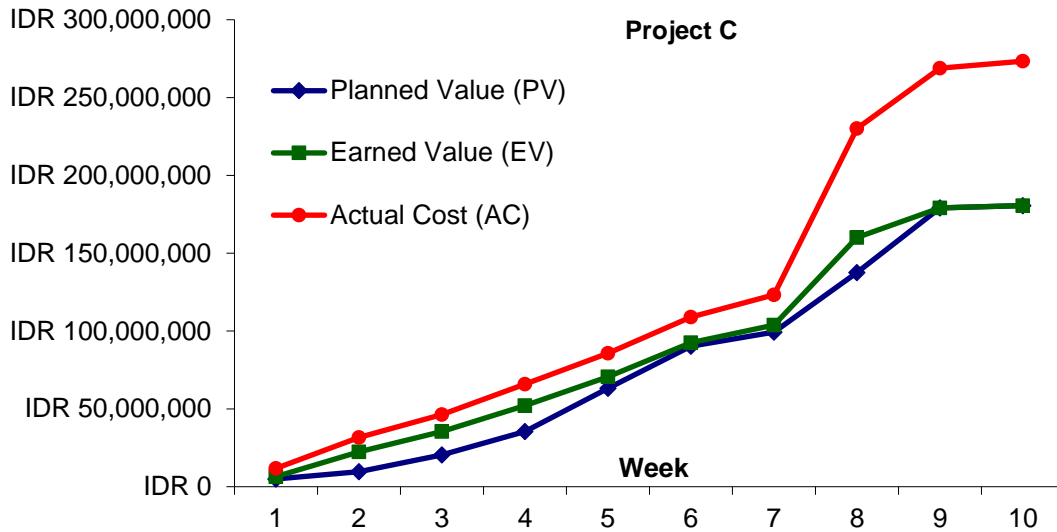
Gambar 4.2 menunjukkan grafik *earned value* proyek A. Pada gambar tersebut terlihat bahwa proyek A telah menunjukkan sinyal keterlambatan pengerjaan proyek pada minggu ke-3, sedangkan untuk biaya juga menunjukkan nilai yang lebih di atas *earned value*. Kondisi keterlambatan ini tidak dapat dilakukan *recovery* hingga status proyek selesai. Grafik ini menunjukkan pula para *project manager* dapat melakukan *recovery* proyek sepanjang 6 minggu sebelum mencapai akhir dari jadwal rencana proyek selesai, yaitu minggu ke-9.



Gambar 4.3 Grafik *Earned Value* Proyek B Minggu ke-6

Gambar 4.3 menunjukkan grafik *earned value* proyek B. Pada gambar tersebut terlihat bahwa proyek B telah menunjukkan sinyal keterlambatan pengerjaan proyek dan pembengkakan biaya di minggu kedua. Pada grafik ini

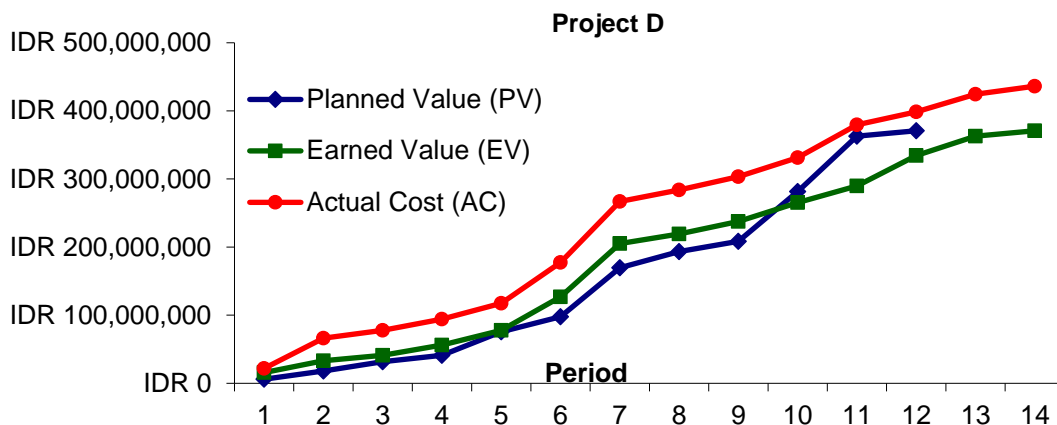
terlihat bahwa proyek sempat menekan biayanya di minggu kelima dan keenam, namun tidak dapat mengatasi keterlambatan proyek hingga proyek selesai.



Gambar 4.4 Grafik *Earned Value* Proyek C Minggu ke-6

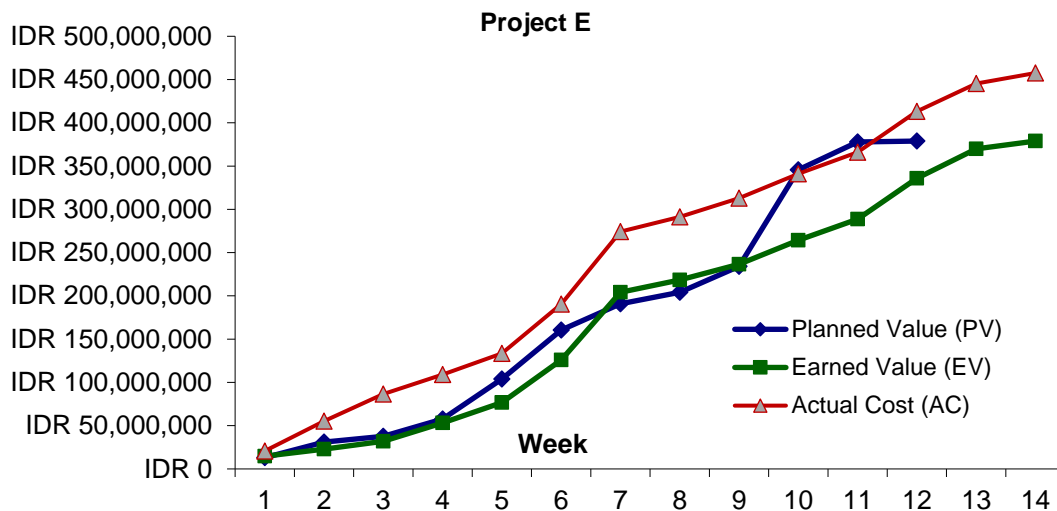
Gambar 4.4 menunjukkan grafik *earned value* proyek C. Pada gambar tersebut terlihat bahwa *earned value* proyek C di tiap minggunya dapat dikerjakan lebih cepat dari perencanaan dengan menunjukkan $EV > PV$, namun biaya yang digunakan juga lebih besar dari perencanaan hingga proyek selesai. Sehingga, dapat dikatakan waktu pengerjaan proyek dapat dikendalikan namun biaya pengerjaan proyek tidak dapat dikendalikan atau melebihi anggaran.

Gambar 4.5 Grafik *Earned Value* Proyek D Minggu ke-6



Gambar 4.5 menunjukkan grafik *earned value* proyek D. Pada gambar tersebut terlihat bahwa proyek D telah melakukan progress pekerjaan melebihi yang

dijadwalkan, sehingga pada minggu ke-1 hingga ke-10, proyek terlihat mengalami progress lebih cepat dari rencana. Namun, pada minggu ke-10 terlihat bahwa proyek mulai mengalami keterlambatan dan belum dapat dilakukan pencegahan hingga proyek selesai di minggu ke-14



Gambar 4.6 Grafik *Earned Value* Proyek E Minggu ke-6

Gambar 4.6 menunjukkan grafik *earned value* proyek E. Pada gambar tersebut terlihat bahwa biaya proyek E dari awal pengerjaan melebihi anggaran yang direncanakan. Pengerjaan proyek mengalami keterlambatan di minggu kedua hingga minggu ke-6, di minggu ke-7 hingga ke-9 proyek dapat mengejar ketertinggalan, namun kembali mengalami keterlambatan di minggu ke-10 hingga proyek selesai.

4.2.7 Project Performance Metrics pada *Earned Value*

Grafik *earned value* dapat menggambarkan kondisi proyek pada periode waktu tertentu. Selain menggunakan grafik, beberapa indikator performa proyek juga dapat dihitung dari metode *earned value* dan ditambahkan dalam *dashboard* untuk memperjelas pelaporan, yaitu *cost variance*, *schedule variance*, *cost performance index*, serta *schedule performance index*.

4.2.7.1 *Cost Variance* pada *Earned Value*

Cost variance adalah indikator yang dihasilkan dari pengurangan antara *earned value* dengan *actual cost*, $CV = EV - AC$. Dengan menggunakan rumus

tersebut, maka dapat diketahui hasil *cost variance* kelima proyek yang sedang diuji untuk menunjukkan nilai perbedaan biaya aktual dengan anggaran biaya. Hasil penghitungan *cost variance* dengan metode *earned value* pada minggu kesatu hingga keenam ditunjukkan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 *Cost Variance* Metode *Earned Value* Pada Proyek Perawatan Rol Kertas

No.	Proyek	<i>Cost Variance</i> (x 1.000.000 IDR)					
		Periode (minggu ke-)					
		1	2	3	4	5	6
1	A	-1,889	-1,939	-2,124	-10,780	-3,144	-1,313
2	B	-0,897	-19,275	-37,950	-39,934	-40,767	-55,574
3	C	-5,275	-9,200	-10,872	-13,730	-15,102	-16,374
4	D	-6,161	-33,153	-36,510	-38,088	-39,761	-50,413
5	E	-6,037	-32,401	-54,427	-56,010	-56,713	-64,560

Tabel 4.22 menunjukkan hasil perhitungan *Cost Variance* (CV) dari minggu kesatu hingga minggu keenam. Nilai negatif pada *variance* menunjukkan biaya proyek mengalami *over budget* sebesar nilai yang tertera sedangkan nilai positif menunjukkan biaya proyek *within budget*. Seluruh sampel proyek yang dikerjakan di PT XYZ sejak minggu pertama menunjukkan *cost variance* yang bernilai negatif yang berarti proyek telah melewati batas anggaran biaya sejak awal proyek berjalan. Nilai ini tetap bernilai negatif bahkan semakin besar di minggu keenam, kecuali pada proyek A. Proyek A menunjukkan perbaikan di minggu keenam yang artinya terdapat *recovery* pada saat pelaksanaan proyek.

4.2.7.2 *Schedule Variance* Metode *Earned Value*

Schedule variance adalah indikator yang dihasilkan dari pengurangan antara *earned value* dengan *planned value*, $SV = EV - PV$. Dengan menggunakan rumus tersebut, maka dapat diketahui hasil *schedule variance* kelima proyek yang sedang diuji untuk menunjukkan proyek lebih cepat atau lebih lambat dari jadwal. Negatif menandakan proyek lebih lambat dan positif menunjukkan proyek lebih cepat. Hasil penghitungan *schedule variance* dengan metode *earned value* pada minggu kesatu hingga keenam ditunjukkan pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 *Schedule Variance* Metode *Earned Value* Pada Proyek Perbaikan Rol Kertas

No.	Proyek	<i>Schedule Variance</i> (x 1.000.000 IDR)					
		Periode (minggu ke-)					
		1	2	3	4	5	6
1	A	-	-	-24,336	-58,861	-46,593	-44,385
2	B	-	-17,856	-21,130	-28,356	-44,852	-59,268
3	C	1,541	12,792	15,081	16,669	7,407	2,255
4	D	9,734	14,885	9,473	14,907	2,150	29,203
5	E	1,622	-8,187	-5,691	-4,606	-27,278	-34,637

Tabel 4.23 menunjukkan hasil perhitungan *Schedule Variance* (SV) dari minggu kesatu hingga minggu keenam. Nilai positif menunjukkan jika durasi proyek masih belum melewati waktu yang direncanakan, sedangkan nilai negatif menunjukkan durasi proyek telah melebihi batas waktu yang ditentukan. Pada proyek A, nilai *schedule variance* menunjukkan tidak ada gap di minggu pertama dan minggu kedua. Hal ini menunjukkan pada dua minggu pertama proyek A masih berjalan sesuai jadwal, sedangkan di minggu ketiga hingga minggu keenam berjalan lebih lambat dari jadwal. Dari kelima proyek tersebut, pada minggu keenam, proyek-proyek mengalami keterlambatan kecuali proyek C dan D. Proyek C dan D di minggu pertama hingga minggu keenam menunjukkan kondisi proyek yang konsisten sesuai dengan rencana. *Schedule variance* dapat menunjukkan selisih antara rencana dengan aktual hanya dengan penggambaran selisih biaya. Kelemahan dari *schedule variance* pada *earned value* ini yaitu tidak dapat menggambarkan nilai keterlambatan proyek dengan satuan waktu.

4.2.7.3 *Cost Performance Index* Metode *Earned Value*

Cost Performance Index merupakan indikator yang dapat mengindikasikan status biaya proyek pada periode tertentu tanpa melihat penyimpangan besaran nilainya. Status indikator dibagi menjadi 3, $CPI < 1$ yang menandakan biaya proyek melebihi anggaran biaya, $CPI = 1$ yang menandakan biaya proyek sama dengan anggaran biaya, $CPI > 1$ yang menandakan biaya proyek kurang dari biaya yang dianggarkan.

Tabel 4.24 *Cost Performance Index* Metode *Earned Value* Pada Proyek Perbaikan Rol Kertas

No.	Proyek	<i>Cost Performance Index (x 1.000.000 IDR)</i>					
		Periode (minggu ke-)					
		1	2	3	4	5	6
1	A	0,68	0,75	0,88	0,79	0,97	0,99
2	B	0,52	0,36	0,36	0,38	0,43	0,49
3	C	0,55	0,71	0,77	0,79	0,82	0,85
4	D	0,72	0,50	0,53	0,60	0,66	0,72
5	E	0,71	0,41	0,37	0,49	0,57	0,66

Tabel 4.24 menunjukkan nilai CPI yang dapat dijadikan indikator pengukur biaya aktual yang diserap proyek. Seluruh sampel proyek sejak minggu pertama hingga minggu keenam menunjukkan nilai CPI berada di bawah 1 yang menandakan biaya aktual proyek melebihi anggaran biaya.

4.2.7.4 *Schedule Performance Index* Metode *Earned Value*

Schedule Performance Index merupakan indikator yang dapat mengindikasikan status jadwal proyek pada periode tertentu tanpa melihat penyimpangan besaran nilainya. Status indikator dibagi menjadi 3, $SPI < 1$ yang menandakan proyek terlambat dari rencana awal, $SPI = 1$ yang menandakan durasi aktual proyek sama dengan rencana durasi pengerjaan proyek, $SPI > 1$ yang menandakan proyek terlaksana lebih cepat dari rencana awal.

Tabel 4.25 *Schedule Performance Index* Metode *Earned Value* Pada Proyek Perbaikan Rol Kertas

No.	Proyek	<i>Schedule Performance Index</i>					
		Periode (minggu ke-)					
		1	2	3	4	5	6
1	A	1,00	1,00	0,40	0,41	0,67	0,76
2	B	1,00	0,38	0,51	0,46	0,41	0,48
3	C	1,31	2,33	1,74	1,47	1,12	1,02
4	D	2,62	1,82	1,30	1,36	1,03	1,30
5	E	1,12	0,74	0,85	0,92	0,74	0,78

Tabel 4.25 menunjukkan nilai SPI yang dapat dijadikan indikator pengukur status durasi proyek. Pada minggu pertama, proyek A dan B selesai sesuai dengan rencana, ditandai dengan nilai $SPI = 1$, sedangkan proyek C, D, dan E selesai lebih cepat, ditandai dengan nilai $SPI > 1$. Pada minggu kedua, proyek B dan E mulai menunjukkan keterlambatan dengan nilai SPI 0,38. Pada minggu

ketiga, terlihat hanya proyek C dan proyek D yang masih sesuai dengan rencana, bahkan lebih cepat, sedangkan proyek A, B, dan E mengalami keterlambatan. Hingga minggu keenam, SPI proyek C dan D masih menunjukkan angka lebih dari 1, sedangkan untuk proyek A, B, dan E masih tetap menunjukkan angka kurang dari 1 dan mengindikasikan keterlambatan proyek yang belum dilakukan penanganan untuk mengembalikan proyek agar sesuai rencana.

4.2.8 *Earned Schedule*

Penghitungan *earned schedule* dilakukan untuk menyempurnakan dan menambahkan penghitungan parameter yang belum didapatkan pada penghitungan parameter menggunakan metode *earned value*. Metode *earned value* menggunakan basis biaya untuk mengukur performa proyek, sedangkan metode *earned schedule* menggunakan basis durasi untuk mengukur performa proyek. Selain biaya, durasi juga menjadi parameter krusial pada proyek perawatan rol kertas. *Earned schedule* dihitung berdasar hasil *planned value* dan *earned value*. Irisan dari *planned value* dan *earned value* pada satu titik horizontal menandakan bahwa pada periode tersebut, progress proyek yang telah dilakukan sesuai dengan durasi yang sebenarnya. Dengan persamaan $ES = t + \frac{EV - PV_t}{PV_{t+1} - PV_t}$, didapatkan penghitungan untuk parameter pada metode *earned schedule* yang ditunjukkan dalam Tabel 4.26.

Tabel 4.26 *Earned Schedule* Proyek Perawatan Mesin Kertas Rol

No.	Proyek	<i>Earned Schedule (minggu)</i>					
		Periode (minggu ke-)					
		1	2	3	4	5	6
1	A	1,00	2,00	2,29	3,00	3,94	5,03
2	B	1,00	1,36	1,74	1,83	2,17	4,05
3	C	1,33	3,13	4,00	4,60	5,27	6,25
4	D	1,80	3,14	4,00	4,43	5,10	6,41
5	E	1,09	1,54	2,15	3,77	4,41	5,39

Metode *earned value* dapat menampilkan kondisi keterlambatan proyek dengan nilai biaya sehingga tidak dapat merepresentasikan sejauh mana keterlambatan dalam satuan waktu. Metode *earned schedule* dapat menggambarkan posisi proyek *lagging* atau *leading* dari jadwal berdasarkan basis waktu. *Progress* proyek sama dengan jadwal yang direncanakan jika nilai *earned schedule* sama dengan angka satuan minggu. Tabel 4.26 menggambarkan nilai *earned schedule*

kelima proyek dari minggu pertama hingga minggu keenam. Pada minggu pertama, seluruh proyek menunjukkan kinerja proyek yang sesuai dengan jadwal, bahkan beberapa telah sedikit mendahului jadwal seperti halnya pada proyek C dan proyek D. Hal ini ditunjukkan dari nilai *earned schedule* yang telah melewati nilai 1 di minggu pertama. Pada periode minggu kedua, proyek C dan D memberikan *progress* yang cukup signifikan, *leading* 1 minggu dari jadwal yang telah direncanakan, sedangkan proyek B dan E menunjukkan keterlambatan. Pada minggu ketiga, sinyal keterlambatan ditunjukkan oleh proyek A, B, dan E, dengan nilai 2,29, 1,74, dan 2,15. Pada periode minggu keempat, jika sesuai dengan jadwal, maka seharusnya nilai *earned schedule* sama dengan 4 sehingga proyek A, B, dan E terlihat masih tetap tertinggal dari rencana yang dijadwalkan. Pada minggu kelima hingga minggu keenam, terlihat proyek C dan D yang tetap sesuai dengan jadwal yang direncanakan dan proyek A, B, dan E mengalami keterlambatan.

Project Performance Metrics Pada Earned Schedule

4.2.8.1 *Time Variance Metode Earned Schedule*

Time Variance (TV) adalah indikator yang dihasilkan dari selisih *Actual Time* (AT) dan *Earned Schedule* (ES), $TV = ES - AT$. Dengan menggunakan rumus tersebut, dapat diketahui hasil *time variance* kelima proyek yang sedang diuji untuk menunjukkan proyek lebih cepat atau lebih lambat dari jadwal. Nilai negatif menandakan proyek lebih lambat dan nilai positif menunjukkan proyek berjalan lebih cepat. Hasil penghitungan *time variance* dengan metode *earned schedule* pada minggu kesatu hingga keenam ditunjukkan pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 *Time Variance Metode Earned Schedule Pada Proyek Perbaikan Rol*

No.	Proyek	<i>Time Variance (minggu)</i>					
		<i>Periode (minggu ke-)</i>					
		1	2	3	4	5	6
1	A	0.00	0.00	-0.71	-1.00	-1.06	-0.96
2	B	0.00	-0.64	-1.26	-2.17	-2.83	-1.95
3	C	0.33	1.13	1.00	0.60	0.27	0.25
4	D	0.80	1.14	1.00	0.43	0.10	0.41
5	E	0.09	-0.46	-0.85	-0.23	-0.59	-0.61

Tabel 4.27 menunjukkan hasil perhitungan *Time Variance* (TV) dari minggu kesatu hingga minggu keenam. Di minggu pertama, kelima proyek

memiliki *time variance* positif yang menunjukkan bahwa proyek dikerjakan lebih cepat. Kinerja proyek B dan E terlihat *lagging* sejak di minggu kedua sedangkan pada minggu ketiga proyek A menunjukkan sinyal keterlambatan. Keterlambatan yang dapat terdeteksi perlu segera diantisipasi dan dicari penyebab masalahnya.

4.2.8.2 *Schedule Performance Index* Metode *Earned Schedule*

Schedule Performance Index merupakan indikator yang dapat mengindikasikan status jadwal proyek pada periode tertentu tanpa melihat penyimpangan besaran nilainya. *Schedule performance index* hasil dari *earned schedule* ditandai dengan simbol $SPI_{(t)}$, hasil dari pembagian *Earned Schedule* (ES) dengan *Actual Time* (AT), $SPI_{(t)} = ES/AT$. Status indikator dibagi menjadi 3, $SPI_{(t)} < 1$ yang menandakan proyek terlambat dari rencana awal, $SPI_{(t)} = 1$ yang menandakan durasi aktual proyek sama dengan rencana durasi pengerjaan proyek, $SPI_{(t)} > 1$ yang menandakan proyek terlaksana lebih cepat dari rencana awal.

Tabel 4.28 *Schedule Performance Index* Metode *Earned Schedule* Pada Proyek Perbaikan Rol

No.	Proyek	<i>Schedule Performance Index</i>					
		Periode (minggu ke-)					
		1	2	3	4	5	6
1	A	1.00	1.00	0.76	0.75	0.79	0.84
2	B	1.00	0.68	0.58	0.46	0.43	0.68
3	C	1.33	1.57	1.33	1.15	1.05	1.04
4	D	1.80	1.57	1.33	1.11	1.02	1.07
5	E	1.09	0.77	0.72	0.94	0.88	0.90

Tabel 4.28 menunjukkan nilai SPI yang dapat dijadikan indikator pengukur status durasi proyek. Pada minggu pertama, kelima proyek selesai lebih cepat, ditandai dengan nilai $SPI > 1$. Minggu kedua, proyek B dan E mulai memberi sinyal bahwa proyek mengalami keterlambatan, ditandai dengan nilai SPI yang bernilai 0.68 pada proyek B dan 0.77 pada proyek E. Pada minggu ketiga, proyek A, B, dan E memiliki $SPI < 1$ yang menandakan keberlanjutan sinyal keterlambatan untuk proyek B dan E serta dimulainya sinyal keterlambatan untuk proyek A. Pada minggu keenam, kondisi proyek masih tetap sama dengan minggu ketiga, hanya proyek C dan D yang memiliki $SPI > 1$.

4.2.9 Peramalan Biaya Penyelesaian Proyek dan Durasi Penyelesaian

Metode *earned value* dapat memberikan peramalan biaya penyelesaian proyek dan *earned schedule* dapat memberikan peramalan waktu penyelesaian proyek. Peramalan diperlukan bagi manajer proyek untuk mengetahui biaya yang akan dikeluarkan serta estimasi penyelesaian proyek. Adanya penambahan *task* di tengah jalannya proyek menyebabkan proyek pada *PT XYZ* tergolong proyek yang dinamis. Pelanggan memerlukan estimasi biaya akhir dan akhir penyelesaian proyek untuk dijadikan input bagi *paper production company*. Pada subbab ini akan dihitung forecast biaya serta durasi masing-masing proyek.

4.2.9.1 Peramalan Biaya Penyelesaian Proyek

Project manager memerlukan estimasi biaya untuk mengetahui biaya akhir yang berhubungan dengan perubahan-perubahan pada proyek. Terdapat perencanaan awal pada proyek, namun adanya pekerjaan tambahan dari hasil inspeksi dapat terjadi dan *project manager* memerlukan *tools* untuk menghitung estimasi biaya yang terserap pada proyek. *Forecast* biaya didapat dari hasil pembagian *total budgeted cost* dengan *cost performance index*. Tabel 4.29 menunjukkan hasil perhitungan *forecast* biaya akhir proyek perbaikan rol.

Tabel 4.29 *Forecast* Biaya Akhir Proyek Perbaikan Rol Kertas

Proyek	<i>Forecasting of Project Outcome (x1000 IDR)</i>						Biaya Proyek (IDR)
	Periode (minggu ke-)						
	1	2	3	4	5	6	
A	607,389	545,502	465,918	521,273	424,809	415,193	415,551
B	579,351	841,311	837,799	810,006	702,143	619,230	352,947
C	327,136	254,683	235,940	228,146	219,190	212,538	273,371
D	516,074	742,804	699,714	622,709	560,461	518,101	436,280
E	534,555	917,177	1,023,052	778,193	658,994	573,188	457,550

Tabel 4.29 menunjukkan hasil perhitungan peramalan biaya yang dikeluarkan saat proyek telah selesai. Tiap minggu saat proyek berjalan, manajer proyek dapat menghitung perkiraan biaya saat proyek selesai. Perbandingan masing-masing peramalan durasi dapat dibandingkan dengan hasil aktual. Semakin mendekati waktu penyelesaian, maka peramalan biaya dapat semakin tepat sesuai pengeluaran aktual.

4.2.9.2 Peramalan Tanggal Penyelesaian Proyek

Estimasi waktu penyelesaian menjadi tanggal krusial bagi manajer proyek. Target tanggal penyelesaian proyek menjadi pegangan bagi *planner* untuk menyusun jadwal dan *load* proyek lain yang ada dalam antrian, menjadi pegangan bagi tim *scheduler* untuk membuat jadwal perbaikan proyek lain, serta menjadi pegangan bagi *customer* untuk mengatur muatan produksi kertas. *Earned schedule* memberikan metode untuk mendapatkan peramalan tanggal penyelesaian proyek. Tabel 4.30 menunjukkan peramalan tanggal penyelesaian proyek yang ditunjukkan minggu kesatu hingga minggu keenam.

Tabel 4.30 Peramalan Tanggal Penyelesaian Proyek

Proyek	Estimasi Tanggal Penyelesaian						Tanggal Penyelesaian Aktual
	Periode (minggu ke-)						
	1	2	3	4	5	6	
A	30-Oct-20	30-Oct-20	18-Nov-20	20-Nov-20	15-Nov-20	11-Nov-20	13-Nov-20
B	13-Nov-20	12-Dec-20	28-Dec-20	26-Jan-21	3-Feb-21	13-Dec-20	11-Dec-20
C	5-Oct-20	27-Sep-20	5-Oct-20	13-Oct-20	19-Oct-20	20-Oct-20	23-Oct-20
D	29-Dec-20	5-Jan-21	15-Jan-21	27-Jan-21	3-Feb-21	30-Jan-21	19-Feb-21
E	24-Apr-20	25-May-20	3-Jun-20	6-May-20	12-May-20	10-May-20	15-May-20

Tabel 4.30 menunjukkan estimasi tanggal penyelesaian untuk masing-masing proyek serta tanggal penyelesaian aktual pada proyek tersebut. Tanggal tersebut muncul dari durasi awal ditambah estimasi penyelesaian durasi proyek. Durasi proyek dihitung dari rencana durasi penyelesaian proyek dibagi dengan *schedule performance index*.

Pada Bab 5 akan dibahas implikasi manajerial dari metode *earned value* dan *earned schedule* terhadap penerapan metode ini pada *engine project management*, pengujian kestabilan indikator yang digunakan dalam perhitungan, serta penghitungan akurasi peramalan biaya dan peramalan tanggal penyelesaian.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bab ini membahas tentang implikasi *managerial* dari metode *earned value* dan *earned schedule* pada *pulp & paper machine maintenance project management* serta penghitungan akurasi *forecast* biaya dan *forecast* tanggal penyelesaian.

5.1 Implikasi Manajerial Penggunaan Metode *Earned Value* dan *Earned Schedule* Pada Proyek *Roll Maintenance*

Sistem manajemen proyek yang saat ini digunakan baru dapat menunjukkan fitur status *machine hours*, *material consumption*, dan *manhours* dengan menu yang terpisah-pisah. Status tipe pekerjaan dari tiap tiap proyek hanya merekam jumlah jam yang telah dikonsumsi di proyek, waktu kerja yang sedang dikerjakan, dan jam pengerjaan proyek yang telah dikerjakan. *Material consumption* pada manajemen proyek penelitian ini tidak dibahas karena alokasi material untuk tiap-tiap proyek sudah di alokasikan dengan baik. Setelah dilakukan pengujian ini para pimpinan proyek dan manajemen dapat melihat performa proyek yang sedang berjalan secara *live* dan dapat dilakukan alternatif perbaikan dengan cepat.

Hasil dari *tools* untuk *monitoring* proyek ini dapat juga digunakan untuk mengantisipasi risiko proyek serta dapat dilakukan untuk mengendalikan keterlambatan proyek. Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mengendalikan proyek dari tampilan indikator *tools monitoring* tersebut yaitu menambahkan *manpower* atau penerapan *long shift* untuk melakukan *taskforce* pada aktivitas *maintenance* saat nilai *earned value* < *planned value*, melakukan *exchange* untuk material yang sedang dalam proses *repair* namun *leadtime repair* melewati tanggal dibutuhkannya part tersebut untuk *assembly*, melakukan *review* terhadap seluruh ketersediaan material saat *actual cost* < *earned value* dan *planned value*, serta memilih menu pengiriman *part* yang lebih cepat untuk material yang diperlukan datang lebih cepat dari durasi standar.

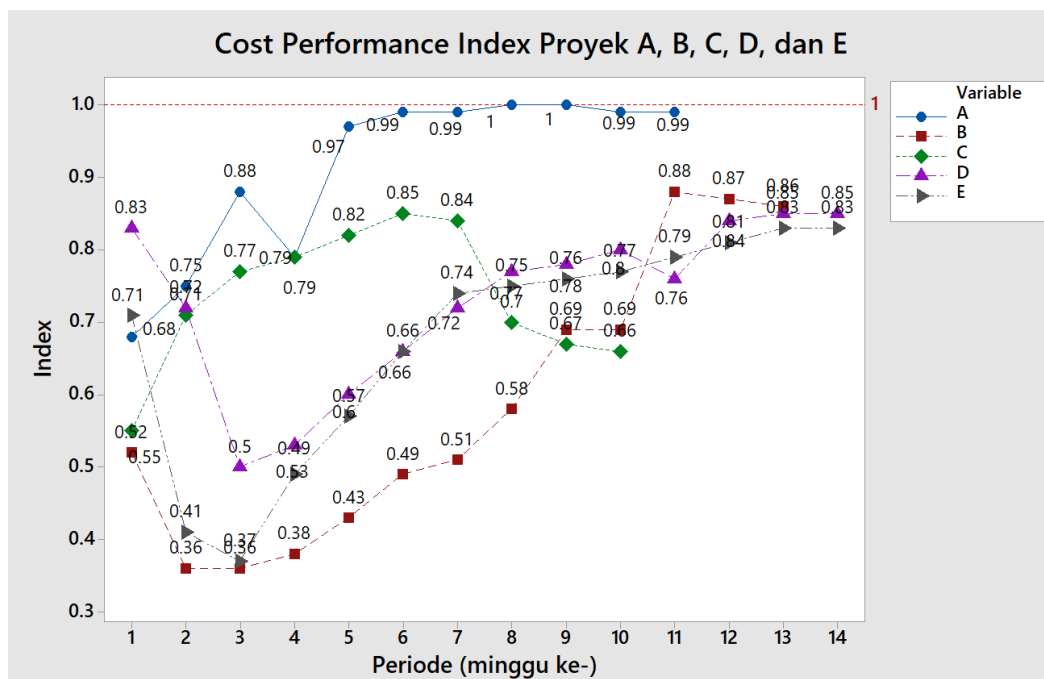
Penambahan metode dalam sistem yang saat ini telah ada dapat menambahkan kecepatan pelaporan serta pengambilan keputusan menjadi lebih

mudah. Untuk mendukung benefit yang telah dipaparkan, dilakukan penghitungan stabilitas CPI dan stabilitas SPI untuk mengetahui kondisi parameter-parameter perhitungan saat digunakan dalam *project monitoring*.

5.2 Analisis Cost Performance Index

Cost Performance Index (CPI) dapat menunjukkan nilai kuantitatif dari performa proyek. (Lipke, et al., 2009). Proyek dapat dikategorikan *under budget* atau *over budget* dari nilai CPI. Nilai CPI dapat dihitung di tiap periode, pada proyek ini dihitung mingguan Gambar 5.1 menunjukkan nilai CPI pada kelima proyek perbaikan rol yang diuji.

Gambar 5.1 *Cost Performance Index* Proyek A, B, C, D, dan E



Gambar 5.1 menunjukkan nilai referensi CPI yang ditandai dengan garis merah yang bernilai 1. Hal ini menunjukkan bahwa jika nilai CPI proyek terdapat pada area di atas garis merah, maka proyek tersebut *under budget*, sedangkan CPI proyek kurang dari 1 (di bawah area garis merah) menunjukkan bahwa proyek *over budget*. Grafik Proyek A menunjukkan bahwa biaya yang diserap proyek ini dari awal hingga akhir bernilai di atas anggaran biaya, pada proyek ini jenis rol yang dikerjakan adalah jenis twin roll dimana dari tingkat keberhasilan apabila dilihat dari grafik nilai biaya dan target anggaran mendekati sempurna dengan nilai 0.99 dari anggaran yang ditetapkan. Jenis proyek ini merupakan jenis perbaikan rol yang

spesial dengan kata lain berbagai alternatif akan dilakukan untuk menghindari proyek ini stagnant apabila terdapat permasalahan dalam proses pengerjaan.

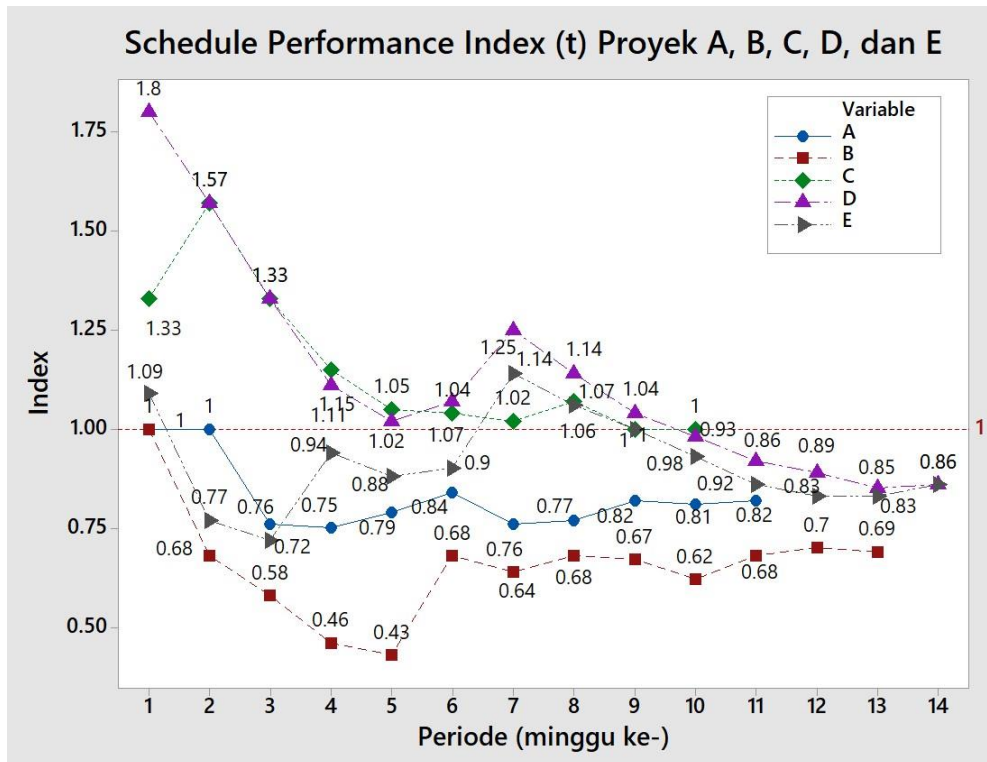
Grafik Proyek B menunjukkan biaya yang telah diserap proyek ini dari awal proyek telah melampaui batas anggaran, dengan nilai index 0.85 pada akhir proyek dari target anggaran proyek ini dikarenakan proses pengerjaan press roll PM 8 Swimming merupakan jenis rol dengan pengerjaan khusus pada section MEP yang dalam proses pengerjaannya diperlukan beberapa alat bantu yang harus dibuat dan additional work yang harus dikerjakan dan dalam melakukan proses assembly dan proses disassy.

Grafik Proyek C menunjukkan biaya proyek ini menyerap biaya lebih dari anggaran dengan index 0.84 dari anggaran di minggu ketujuh dan terus mengalami penurunan sampai dengan akhir proyek dengan nilai index 0.66, Jenis proyek ini merupakan jenis rol covering dengan tipe cover SH kualitas permukaan level 1 dengan nilai biaya yang meningkat pada minggu ke 8 dan seterusnya merupakan tahan akhir proses machining untuk mendapatkan standar kualitas permukaan rol yang diminta.

Grafik Proyek D menunjukkan biaya yang melebihi target sejak diminggu pertama dan diminggu kedua dengan nilai index terendah pada minggu ketiga dan diminggu berikutnya setelah minggu ketiga nilai index meningkat hingga akhir proyek dengan nilai index 0.85, tipe rol pada proyek ini adalah *twinRoll refurbishment* tampak pengerjaan proyek D ini mengalami penurunan index seperti pada proyek C yang diantisipasi untuk memenuhi budget biaya proyek hingga pada akhir proyek.

Grafik Proyek E menunjukkan biaya yang melebihi target sejak diminggu pertama dan diminggu kedua dengan nilai index terendah pada minggu ketiga dan diminggu berikutnya yaitu minggu keempat nilai index meningkat hingga akhir proyek dengan nilai index 0.83 namun proyek ini bergerak sebaliknya, tipe rol pada proyek ini adalah *twinRoll refurbishment* tampak pengerjaan proyek E memiliki pola yang hampir sama dengan proyek D.

5.3 Analisis Schedule Performance Index



Gambar 5. 2 Schedule Performance Index A, B, C, D, dan E

Gambar 5.2 menunjukkan nilai referensi SPI yang ditandai dengan garis merah yang bernilai 1. Hal ini menunjukkan bahwa jika nilai SPI proyek terdapat pada area di atas garis merah, maka proyek tersebut membutuhkan waktu lebih cepat dari rencana, sedangkan CPI proyek kurang dari 1 (di bawah area garis merah) menunjukkan bahwa proyek membutuhkan waktu lebih lama dari rencana.

Grafik Proyek A menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan pada pengerjaan proyek di minggu pertama sampai dengan minggu kedua sesuai dengan waktu yang dijadwalkan dengan nilai index 1, akan tetapi pada minggu ketiga dan seterusnya mengalami keterlambatan dari jadwal yang telah direncanakan, apabila dilihat dari waktu pengerjaan proyek ini pada saat bulan September 2020 pada saat itu di workshop mengalami pengaturan jam kerja yang dikurangi dan menjadi 2 shift untuk mengurangi kontak jumlah orang berkerumun disituasi pandemi, dan dari grafik juga dapat dilihat terjadi keterlambatan waktu penyelesaian proyek dari waktu yang telah ditetapkan dengan nilai index 0.85.

Grafik Proyek B menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan pada pengerjaan proyek diminggu pertama masih sesuai dengan waktu yang dijadwalkan dengan nilai index 1, akan tetapi pada minggu ketiga dan seterusnya mengalami keterlambatan dari jadwal yang telah direncanakan, apabila dilihat lebih teliti dari pengerjaan jenis swimming roll ini telah banyak terjadi perbaikan pada bagian dalam rol yang menyebabkan adanya penambahan waktu perbaikan pada bagian dalam rol yang diketahui setelah dilakukan proses pembongkaran, ditambah proses perbaikan komponen yang dilakukan dengan proses manual menyebabkan penambahan waktu pengerjaan yang menyumbang tambahan waktu keterlambatan pada proyek ini.

Grafik Proyek C menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan pada pengerjaan proyek diminggu pertama lebih cepat dari waktu yang dijadwalkan dengan nilai Index >1 dan pada akhir proyek diminggu ke 10 proyek ini dapat diselesaikan tepat waktu, apabila dilihat lebih teliti dari pengerjaan jenis press roll ini item pengerjaan untuk jenis pekerjaan covering rol dengan bahan karet dapat diselesaikan tepat waktu karena untuk jenis rubber cover para pekerja teknis telah memiliki experience dengan jumlah pengerjaan rol jenis ini yang lebih banyak sehingga secara proses menangani masalah dapat dilakukan dengan cepat dan tepat sasaran.

Grafik Proyek D menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan pada pengerjaan proyek diminggu pertama lebih cepat dari waktu yang dijadwalkan dengan nilai Index >1 dan pada minggu ke 14 proyek ini berakhir dengan nilai index 0.86 yang berarti mengalami keterlambatan dari jadwal yang telah ditetapkan, tipe rol yang dikerjakan ini merupakan tipe twinrol yang pengerjaannya mengalami perbedaan kondisi rol yg tidak sesuai dengan standard pabrikannya atau telah dimodif oleh customer sehingga terjadi keterlambatan pada jenis pengerjaan rol ini di proyek D.

Grafik Proyek E menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan pada pengerjaan proyek diminggu pertama lebih cepat dari waktu yang dijadwalkan dengan nilai Index >1 dan pada minggu ke 14 proyek ini berakhir dengan nilai index 0.86 yang berarti mengalami keterlambatan dari jadwal yang telah ditetapkan

tipe rol yang dikerjakan ini merupakan tipe twinrol yang suku cadangnya harus didatangkan dari swedia dan pada saat proses pengiriman di saat pandemic ini mengalami keterlambatan dikarena jumlah unit transportasi yang beroperasi menurun.

5.4 Peramalan *Lead Time*

Estimasi waktu perkiraan proyek selesai didapatkan dari penghitungan *estimated at completion* pada *earned schedule*. Pada pengujian peramalan *lead time* dilakukan pengujian di periode minggu keenam.

Tabel 5.1 *Mean Absolute Percentage Error* Proyek Perbaikan Rol

Proyek	<i>Induction</i>	<i>Serviceable Plan</i>	Peramalan <i>Completion</i>	Aktual	<i>Absolute % Error</i>
A	28 Aug '20	30 Okt '20	11 Nov '20	13 Nov '20	2,59
B	11 Sept '20	13 Nov '20	13 Des '20	11 Des '20	2,19
C	14 Aug '20	23 Okt '20	20 Okt '20	23 Okt '20	4,28
D	13 Nov '20	5 Feb '21	30 Jan '21	19 Feb '21	20,4
E	7 Feb '20	1 Mei '20	10 Mei '20	15 Mei '20	5,10

Absolute % error adalah hasil dari absolut selisih antara total hari perkiraan penyelesaian proyek dengan total hari aktual penyelesaian proyek dibagi dengan total hari perkiraan penyelesaian proyek. MAPE adalah rata-rata dari hasil absolute % error kelima proyek yang diuji.

Hasil MAPE untuk seluruh proyek yang diambil di periode minggu keenam bernilai 6,91%. Peramalan penyelesaian tersebut diambil saat masing-masing proyek masih berada di tengah proyek berjalan. Hasil MAPE tersebut menunjukkan bahwa tingkat akurasi peramalan *lead time* sebesar 93,08%.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data *earned value* dan *earned schedule* yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan performa *monitoring* proyek menggunakan metode tersebut adalah sebagai berikut:

1. Grafik kombinasi *earned value*, *planned value*, dan *actual cost* pada masing-masing proyek dapat dijadikan acuan manajer proyek untuk melihat performa proyek dengan lebih mudah tanpa melihat detail angka dan dapat dimonitor sesuai dengan interval periode yang diinginkan (bulanan, mingguan, atau harian), serta dapat menjadi *early warning signal* untuk biaya proyek, sehingga pengambilan keputusan oleh higher management lebih mudah untuk menghindari ketidaksesuaian dengan perencanaan biaya dan waktu.
2. *Cost Performance Index* sebagai indikator nilai biaya untuk manajer proyek keputusan strategis untuk menghindari kerugian yang dideteksi saat penutupan proyek. Pada grafik *cost performance index* pada semua tahapan proses hanya 1 proyek yang pernah menyentuh di nilai index CPI = 1 dan keempat proyek lainnya semua tahapannya prosesnya CPI < 1. Dari analisa hasil nilai CPI ini dapat dipakai sebagai indikator dalam menentukan keputusan yang tidak dikontrol pada proyek sebelum penelitian ini. *Schedule Performance Index* dapat menunjukkan karakter waktu pengerjaan pada proyek- proyek perbaikan rol yang dikerjakan di workshop. Dengan adanya analisa pengukuran proyek ini nilai SPI pada pada masing-masing tahapan proses proyek bisa sebagai indikator untuk menghindari keterlambatan penyelesaian proyek yang dalam penelitian ini semua proyek yang diteliti mengalami keterlambatan waktu dalam penyelesaian proyek.
3. *Forecast* durasi proyek pada minggu keenam *planned value* semua proyek saat berjalan memiliki tingkat akurasi sebesar 93,08%.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dikemukakan, berikut adalah beberapa saran dalam penelitian ini.

Perusahaan dapat mengimplementasikan hasil penelitian untuk proyek perbaikan rol. Pada jenis perbaikan rol lainnya, perusahaan dapat mengimplementasikan dengan melakukan *review* terhadap jenis mesin yang akan dianalisa.

1. Penelitian ini dapat diimplementasikan dengan menggunakan metode yang sama dalam implementasi proyek perbaikan rol yang belum dimulai sehingga dapat *mereview* seluruh detail aktivitas dan biaya pada *planned value* dan dapat diketahui apakah perencanaan awal yang telah dibuat masih *feasible*.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menambahkan tampilan grafik pengukuran proyek kasus khusus seperti halnya penambahan task kerja di tengah perjalanan pengerjaan proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Acebes, F., Pajares, J., Galan, J. M. & Paredes, A. L., 2013. *A New Approach for Project Control Under Uncertainty. Going Back to The Basics. International Journal of Project Management*, Volume 32, pp. 423-434.
- Adistana, G. A., Mahardi, P., Sofianto, M. & Wibowo, D., 2018. Akurasi Prediksi Durasi Penyelesaian Proyek dengan *Earn Value Management* dan *Earn Schedule* (Studi Kasus Proyek Bangunan Gedung Di Unesa). *Inersia*, XIV(2), pp. 169-179.
- Alshaheen, A., 2018. *Forecasting Project Completion Date Using Earned Schedule and Primavera P6. The Measurable News*, pp. 11-22.
- Anbari, F. T., 2011. *Advances in Earned Schedule and Earned Value Management. Scheduling, Quality Management, Earned Value Management*, 22 October.
- Anon., 2020. *Implementation of Project Evaluation and Review Technique (PERT) and Critical Path Method (CPM): A Comparative Study. International Journal of Industrial and Operations Research*, 3(4), pp. 2-9.
- Anon., n.d. *Earned Value Management (EVM) Template*. [Online] Available at: <https://www.vertex42.com/ExcelTemplates/earned-value-management.html> [Accessed 10 November 2020].
- Aston, B., 2019. *Emerging Project Management Trends To Prepare For In 2020*. [Online] Available at: <https://thedigitalprojectmanager.com/project-management-trends/>
- Bill Mowery, M. P., 2012. *Earned Schedule: From Emeerging Practice to Practical Application. Leading Edge Forum | CSC Papers*.
- Borse, S. & Biswas, A., 2016. *Schedule Forecasting Of Project Using EVM and PERT. International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(5), pp. 2819-2822.
- Buyse, P., Vandenbussche, T. & Vanhoucke, M., 2009. *Performance Analysis of Earned Value Management in The Construction Industry, Belgium: Universiteit Gent*.

- Christensen, D. & Payne, K., 1992. *Cost Performance Index Stability - Fact or Fiction?. Journal of Parametric*, Volume 10, pp. 27-40.
- Clayson, D., White III, E. & Jr, A. E. T., 2018. *Cost Performance Index Stability: Insights from Environmental Remediation Projects. Journal of Defense Analytics and Logistics*, 2(2019), pp. 94-109.
- Colin, J. & Vanhoucke, M., 2015. *A Comparison of The Performance of Various Project Control Methods using Earned Value Management Systems. Expert Systems with Applications*, Volume 42, pp. 3159-3175.
- Crumrine, C. K. T. & Riitschel, L. C. J., 2013. *A Comparison of Earned Value Management and Earned Schedule as Schedule Predictors on DOD ACAT I Programs. The Measurable News*, pp. 37-44.
- Esposito, M., Lazoi, M., Margarito, A. & Quarta, L., 2019. *Innovating the Maintenance Repair and Overhaul Phase through Digitalization. MDPI Aerospace*, 6(53), pp. 1-14.
- Haghighi, F. R., 2013. *Earned Value Management Syatem in Manufacturing Industry*, Kuala Lumpur: University Malaya.
- Henderson, K., 2004. *Further Developments in Earned Schedule. The Measurable News*, pp. 1-8.
- Hillier, F. S. & Lieberman, G. J., 2015. *Introduction to Operation Research*. s.l.:McGraw-Hill Education.
- Imetieg, A. & Lutovac, M., 2015. *Project Scheduling Method with Time Using MRP System - A Case Study: Construction Project in Libya. The European Journal of Applied Economics*, 12(1), pp. 58-66.
- Junqueira, V., Nagano, M. & Miyata, H., 2018. *Procedure structuring for programming aircraft maintenance activities. Revista de Gestao*, pp. 1-20.
- Kulkarni, A., Yadav, D. & Nikraz, H., 2017. *Aircraft maintenance checks using critical chain project path. Aircraft Engineering and Aerospace Technology*.
- Larson, E. W. & Gray, C. F., 2011. *Project Management: The Managerial Process*. New York: McGraw-Hill.
- Lipke, W., 2011. *Earned Schedule: Schedule performance analysis from EVM measures. PM World Today*, pp. 1-15.

- Lipke, W., 2012. *Earned Schedule Contribution to Project Management*. *PM World Journal*, pp. 1-19.
- Lipke, W., 2014. *Introduction to Earned Schedule*. *PM World Journal*, 3(11), pp. 1-11.
- Lipke, W., Zwikael, O., Henderson, K. & Anbari, F., 2009. *Prediction of project outcome: the application of statistical methods to earned value management and earned schedule performance indexes*. *International Journal of Project Management*, 27(4), pp. 400-47.
- Luamnto, H., Sutijadi, J. & Nugraha, P., 2019. Penerapan Dan Pemberian *Milestone* Pada Metode *Earned Schedule* untuk Pengendalian Penjadwalan Pada Beberapa Proyek. pp. 1-6.
- Marcontell, D., Cooper, T., Martin, C. & Reagan, I., 2020. *Global Fleet and MRO Market Forecast 2020-2030*. [Online] Available at: https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliverwyman/v2/media/2020/may/COVID-19_Impact_Update.pdf
- Miller, R. & Judgev, K., 2012. *Critical Success Factors in Projects: Pinto, Slevin, and Prescott-The Elucidation of Project Success*. *International Journal of Managing Projects in Business*, 5(4), pp. 757-775.
- Mishakova, A., Vakhrushkina, A., Murgul, V. & Sazonova, T., 2016. *Project control based on a mutual application of pert and earned value management methods*. *Procedia Engineering*, 165(2016), pp. 1812-1817.
- Morris, P. & Hough, G., 1988. *The Anatomy of Major Projects: A Study of Reality of Project Management*. New York: John Wiley & Sons.
- Muller, R. & Turner, R., 2007. *Matching the Project Manager's Leadership Style to Project Style*. *International Journal of Project Management*, 25(1), pp. 21-32.
- Negi, S., 2021. *Crucial Benefit of Earned Value Management*. [Online] Available at: <https://www.saviom.com/blog/crucial-benefits-of-earned-value-management/>
[Accessed 8 February 2021].
- Oktavitri, E. & Tenriajeng, A., 2017. Perbandingan Metode Prediksi Penyelesaian Proyek *Earned Value Management* Dan *Earned Schedule*.

- Payne, J. & Turner, R., 1999. *Company-wide Project Management: The Planning and Control of Programmes of Projects of Different Type*. *International Journal of Project Management*, 17(1), pp. 55-59.
- Pimapunsri, K. & Weeranant, D., 2018. *Solving Complexity and Resource-Constrained Project Scheduling Problem in Heavy Maintenance*. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(11), pp. 8998-9004.
- Samaranayake, P., 2012. *Aircraft Maintenance Planning and Scheduling: an Integrated Framework*. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 18(4), pp. 432-453.
- Secilmis, K., 2020. *Reducing TurnAround Times: The Most Critical and Challenging KPI for Aircraft Engine MRO Companies*. [Online] Available at: https://icrontech.com/blog_item/reducing-turnaround-times-the-most-critical-and-challenging-kpi-for-aircraft-engine-mro-companies/ [Accessed 20 October 2020].
- Setiawan, D. I., 2019. *QP 209-03 Engine Maintenance Flow Process*. Cengkareng: GMF AeroAsia.
- Solomon, S., Dong-Eun, L. & Byung-Soo, K., 2020. *Duration Estimate at Completion: Improving Earned Value Management Forecasting Accuracy*. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 24(3), pp. 693-702.
- Spalek, S., 2019. *Data Analytics in Project Management*. Florida: CRC Press.
- Sufa'atin, 2017. Penerapan Metode *Earned Value Management (EVM)* Dalam Pengendalian Biaya Proyek. *Prosiding SNATIF*, pp. 311-321.
- Sugiyanto, A. & Gondokusumo, O., 2020. Perbandingan Metode *Earned Value, Earned Schedule, dan Kalman Filter Earned Value* untuk Prediksi Durasi Proyek. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, Volume 3, pp. 155-166.
- Sveinsson, O. G., 2010. *Implementation of The Earned Value and Earned Schedule Methods for Project Cost and Schedule Control in The Icelandic Construction Industry*, Reykjavik: University of Iceland.

- Urgiles, P., Gil, J. C. & Sebastian, M. A., 2019. *Analysis of the Earned Value Management and Earned Schedule Techniques in Complex Hydroelectric Power Production Projects: Cost and Time Forecast*. *Hindawi Complexity*, Volume 2019, pp. 1-12.
- Vanhoucke, M., 2013. *Project Management with Dynamic Scheduling: Baseline Scheduling, Risk Analysis, and Project Control*. 2nd ed. Belgium: Springer.